

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я. М. Корнієнко
(підпис)

“ ” _____ 20__ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 6.050503 — Машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання лісового комплексу

на тему: Модернізація каландра картоноробної машини. Комплексний

Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51

Керівник проекту	Кошурніков Максим Юрійович асистент Я. В. Гробовенко (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	_____ (підпис)
Консультанти:		
Охорона праці	канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	_____ (підпис)
Очікувані техніко-економічні показники	канд. техн. наук, ст. викл. О. А. Новохат (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	_____ (підпис)
Рецензент:	_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ М. Ю. Кошурніков

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти — перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 6.050503 — Машинобудування

Спеціальність: 133 — Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання лісового комплексу

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології целюлозно-паперового виробництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Кошурнікову Максиму Юрійовичу

1. Тема проекту: Модернізація каландра картоноробної машини. Комплексний Керівник проекту Гробовенко Я.В.

Затверджена наказом по університету від “22” травня 2019 р. №1323-с.

2. Термін подання студентом проекту: 3 червня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: швидкість машини $V=8.9$ м/с; маса 1 м^2 картонного полотна $g=0.2 \text{ кг/м}^2$; обрізна ширина картону $B=4.2$ м; гладкість $\Gamma=20$ С.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкції каландра , виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, а саме, технологічний, параметричний, конструктивний розрахунки, розрахунки на міцність і надійність

елементів конструкції каландра та допоміжного обладнання, виконати розрахунок потужності приводів;

б) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією установки, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

в) економічна частина: обґрунтувати модернізацію каландра машинного та оцінити його ефективність;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Загальний вид машинного каландру – А2х5, Вал з регульованим прогином – А1, Вал середній приводний – А1, Шабер валу нижнього – А2х3, Ідея модернізації машинного каландру – А2 (плакат).

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Очікувальні техніко-економічні показники	Новохат О.А.		

6. Дата видачі завдання: 15 квітня 2019 р.

Студент _____ М.Ю.Кошурніков
(підпис)

Керівник дипломного проекту _____ Я.В.Гробовенко
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. (Під час проходження практики бажане виконання креслень орієнтовним обсягом – 5 форматів А1)	15.04.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності.	22.04.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема каландра. Вибір і опис конструкцій машинного каландра та її складових.	29.04.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів каландра. Розрахунок продуктивності каландра та його вузлів.	06.05.2019	
5	Розробка складальних креслень каландра машинного та його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів каландра.	13.05.2019	
6	Розрахунки на міцність та жорсткість основних елементів каландра. Вибір підшипників	17.05.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації	20.05.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту і специфікацій	23.05.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	27.05.2019	
10	Попередній захист проекту	06.06.2019	
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	10.06.2019	

Студент

Керівник дипломного проекту

(підпис)

(підпис)

М.Ю. Кошурніков

Я.В. Гробовенко

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 6.050503 — Машинобудування

Спеціальність: 133 — Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання лісового комплексу

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології целюлозно-паперового виробництва

на тему: Модернізація каландра картоноробної машини. Комплексний

РЕФЕРАТ

УДК 676.05

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” на тему "Модернізація каландраf картоноробної машини. Комплексний" / НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”; Керівник Гробовенко Я.В. – К., 2019. – 130 с.: іл. – Викон. Кошурніков М.Ю.– Бібліогр.: с. 88.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків та реферату на трьох мовах, переліку посилань з 20 найменувань. Загальний обсяг пояснювальної записки до дипломного проекту становить 130 аркушів А4, а загальний обсяг креслень 6 аркушів формату А1.

Мета дипломного проекту — це модернізація машинного каландра КРМ. Була розроблена конструкція каландра, яка дозволяє досягти необхідної гладкості картонного полотна без застосування суперкаландра, що значно зменшить затрати на виготовлення картону, електроенергію, металоємність конструкції, а також суттєво покращить якість готової продукції.

Пояснювальна записка складається з опису технологічного процесу, вибору та обґрунтування машинного каландра картоноробної машини, технічної характеристики, обґрунтування обраних матеріалів, порівняння основних показників розробленої конструкції з існуючими аналогами, відомості про винаходи, які були використані та патентну чистоту. Були виконані розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність обраної конструкції, розроблено складальне креслення загального виду модернізованого машинного каландра картоноробної машини, визначені очікувані техніко-економічні показники від впровадження модернізації. Розроблена модернізація може бути використовувана для впровадження її у виробництво. Було визначено рівень стандартизації та уніфікації для модернізованої конструкції.

МАШИННИЙ КАЛАНДР, ВАЛ З РЕГУЛЬОВАНИМ ПРОГИНОМ, ПРИТИСКНИЙ МЕХАНІЗМ, КАЛАНДРУВАННЯ, ІНФРАЧЕРВОНА ЛАМПА, ШАБЕР.

РЕФЕРАТ

УДК 676.05

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" на тему "Модернизация каландра картоноделательной машины. Комплексный" / НТУУ "КПИ"; Руководитель Гробовенко Я.В. - К., 2019. - 130 с .: ил. - Испол. Кошурников М.Ю.- Библиогр.: с. 88.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, вывода, списка ссылок с 20 наименованиями.

Цель дипломного проекта —это модернизация машинного каландра КРМ. Была разработана конструкция каландра, которая позволяет достичь необходимой гладкости картонного полотна без применения суперкаландра, что уменьшает затраты на электроэнергию, а также металлоемкость всей конструкции.

Записка состоит из: описания технологического процесса, выбора и обоснования конструкции машинного каландра картоноделательной машины,технической характеристики, принципа действия основных проектируемых частей, сборочных единиц и их деталей, выбор материалов, сравнения основных показателей модернизированной конструкции с существующими аналогами, сведений об использованных изобретениях и патентной чистоты.

Были выполнены расчеты, которые подтверждают работоспособность конструкции, разработаны чертежи общего вида модернизированного машинного каландра КРМ и определены ожидаемые технико-экономические показатели от использования модернизации на производстве.Определен урівень стандартизації и унификации конструкции машинного каландра.

МАШИННЫЙ КАЛАНДР, ВАЛ С ГИДРОПОДДЕРЖКОЙ ОБОЧКИ, ПРИЖИМНОЙ МЕХАНИЗМ, КАЛАНДРИРОВАНИЕ, ИНФРАКРАСНАЯ ЛАМПА, ШАБЕР.

ABSTRACT

USC 676.05

The Bachelor Diploma project on the theme "Modernization of calender of cardboard machine. Complex"/ NTUU "KPI"; Scientific advisor J.V. Hrobovenko. Developer Koshurnikov M.U.: NTUU "KPI", 2019. – 130c. : Il. - . - bibliography .88pp.

The project consists of an introduction and 8 chapters, conclusions and list of references on 20 names. The total volume of the work is 130 pages of the basic text, 6 A1 drawings.

The aim of project consists in upgrade the machine calender of cardboard machine. The design allows to achieve the required smoothness without using of super calender, which reduces the cost of manufacture of cardboard machine.

The note contains a description of the process, selection and justification of calendar of cardboard machine, specifications, principle of the main components that are designed and their assembly units and parts justification of selected materials, comparison of key indicators of design of analogs information used inventions and patent clearness. Calculations proving the efficiency of the designed drawing of modernized machine calender and expected technical and economic performance of the implementation of modernization. Upgrade can be recommended for implementation in production. The level of standardization and unification has shown. An automatic process control scheme and manufacturing techniques cover also developed.

MACHINE CALENDER, ROLL WITH ADJUSTABLE BENDING, DRIVING ROLL, CALANDERING, INFARED LAMP, SCRAPER.

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	12
Вступ	13
1 Призначення та область застосування	14
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце у технологічній схемі.....	16
2 Технічна характеристика каландра машинного	17
3 Опис і обґрунтування вибраної конструкції	18
3.1 Опис конструкції	18
3.2 Вибір матеріалів	22
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами	22
3.4 Патентне дослідження	26
4 Охорона праці	33
4.1 Небезпека впливу частин обладнання які рухаються й обертаються.....	33
4.2 Виробничий шум та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	34
4.3 Небезпека ураження електричним струмом.....	35
4.4 Виробниче освітлення	36
4.5 Пожежна безпека.....	36
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	38
5.1 Параметричний розрахунок установки	38
5.2 Розрахунок тягових зусиль	41
5.2.1 Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках валів	41
5.2.2 Тягове зусилля тертя кочення вала по валу	43
5.2.3 Тягове зусилля на подолання тертя шабера по поверхні вала	44

					ЛБ51.705431.001 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Кошурніков			Модернізація машинного каландра картоноробної машини	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Гробовенко					9		
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ, каф. МАХНВ			
Н. Контр.									
Затверд.									

5.2.4 Тягове зусилля на подолання тертя ковзання валів по картону	45
5.2.5 Тягове зусилля на подолання тертя в поздовжніх ущільненнях валів.....	46
5.2.6 Тягове зусилля на подолання тертя в торцевих ущільненнях валів.....	47
5.2.7 Розрахунок сумарних тягових зусиль.....	48
5.3 Розрахунки вала з гідропідтримкою сорочки	48
5.3.1 Розрахунок сорочки вала	48
5.3.2 Розрахунок сердечника вала	51
5.4 Розрахунок на міцність труби і цапф приводного вала	54
5.5 Розрахунок потужності та вибір двигуна.....	56
5.6 Розрахунок та вибір підшипників	57
5.7 Розрахунок шабера	59
5.8 Розрахунок зусиль притискання	61
5.8.1 Розрахунок зусилля притискання верхнього вала каландру.....	61
5.8.2 Розрахунок зусилля притискання нижнього вала каландру.....	63
5.9 Розрахунок станини	64
5.10 Розрахунок охолодження валів каландра.....	65
5.11 Розрахунок температури картонного полотна внаслідок його нагріву інфрачервоною лампою	67
6 Рекомендації, щодо експлуатації та монтажу машинного каландра	69
6.1 Рекомендації по монтажу	69
6.2 Рекомендації по експлуатації	70
7 Рівень стандартизації та уніфікації	72
8 Очікувані техніко-економічні показники	74
8.1 Обґрунтування необхідності модернізації устаткування	74
8.2 Розрахунок додаткових витрат на модернізацію	76
8.3 Розрахунок техніко економічних показників до і після модернізації обладнання	79

8.4 Оцінка ефективності модернізації	84
Висновки	85
Выводы	86
Conclusion	87
Перелік посилань	88
Додаток А Програма розрахунку притискання нижнього валу	90
Додаток Б Патентне дослідження	93
Додаток В Документація до патентного дослідження	98
Додаток Г Публікації автора	121

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

КРМ – картоноробна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

q_l – лінійний тиск, кН/м;

M – момент, Н·м;

W – момент опору, м³;

f – прогин, м;

F – площа, м²;

b – ширина, м;

H, h – висота, м;

D, d – діаметри, м;

m – маса, кг;

V – об'єм, м³;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, с⁻¹;

P_c – вага сорочки вала, Н;

E – модуль пружності, МПа;

I – момент інерції, м⁴;

G – вага валу, Н;

p – тиск повітря, Па;

T – тягове зусилля, Н;

Q – навантаження на вал, Н;

Π – периметр ущільнення, м;

δ – товщина ущільнення;

ω – кутова швидкість, с⁻¹

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Більша частина продукції, яка виробляється на картоноробних та папероробних машинах, повинна проходити машинне каландрування. Каландрування – це процес обробки матеріалу на каландрі, з метою підвищення лоску, щільності, гладкості, а також надання картону рівномірної товщини по всій ширині полотна. При виробництві картону каландрування здійснюють на машинних каландрах, які зазвичай встановлюють після сушильної або холодильної частини КРМ.

В промисловості для каландрування картону та паперу найбільш поширені саме машинні каландри, які на відміну від суперкаландрів мають ряд таких переваг: простота конструкції та її дешевизна, зменшений прогин валів та зменшені енергозатрати на проведення процесу каландрування.

Так як обробка картону чи паперу на суперкаландрі потребує великих витрат енергії, то від каландрування на суперкаландрі намагаються відмовитись, це досягається тим, що приймаються заходи з поліпшенням якості обробки картону на машинному каландрі. Сьогодні дуже актуальне питання розробки нових більш економічних машинних каландрів та модернізація вже існуючих конструкцій машинних каландрів шляхом підвищення ефективності каландрування, зниження енерго- і матеріалоємності.

Метою даного дипломного проекту є модернізація машинного каландра. Розроблюваний каландр дозволить отримувати потрібну нам гладкість та лоск картонного полотна при новій, більш ефективній компоновці валів, що дозволить значно зменшити витрати електроенергії та металоємність.

Поставлена мета досягається вирішенням таких основних завдань:

- критичний аналіз сучасних існуючих конструкцій та їх складових частин, які відповідають вимогам промисловості;
- виконання енергетичних розрахунків, вибір приводу каландру;
- проведення конструктивних розрахунків, необхідних для підтвердження надійності та працездатності всіх основних елементів конструкції каландра;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область застосування

В целюлозно-паперовому виробництві для каландрування картону та паперу найчастіше використовують машинні каландри. Машинний каландр використовується для вигладжування картону, наданню йому лоску і призначений для досягнення необхідних показників гладкості, щільності, рівномірної товщини по всій довжині картонного полотна.

На процес каландрування насамперед впливають наступні показники: лінійний тиск між валами, кількість захватів, тривалість каландрування, а також вологість картонного полотна. На процес каландрування найбільш впливає лінійний тиск і його розподілення по лінії контакту між валами та полотном. Також на процес каландрування суттєво впливає вологість картонного полотна, зволожене полотно значно збільшує його пластичну деформацію, що в значній мірі позитивно впливає на процес каландрування.

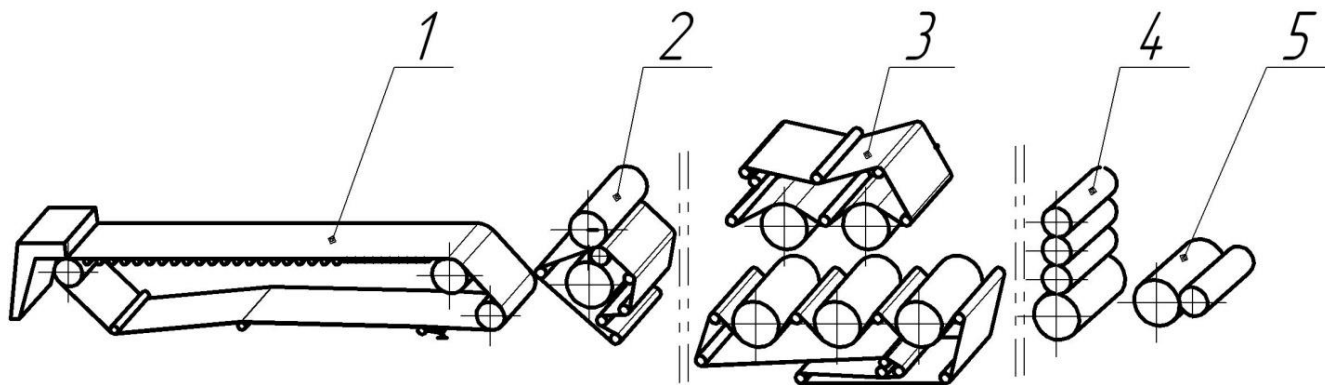
Каландрування також усуває дефекти, нерівності які виникають в процесі виготовлення картонного полотна: маркірування полотна сітками та сукном. Процес каландрування збільшує об'ємну масу полотна, його щільність та вирівнює товщину полотна.

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення картону складається з таких основних операцій: накоплення маси, розведення маси водою до потрібної концентрації, очищення від сторонніх елементів; подача готової маси на сіткову частину КРМ; формування полотна картону на сітці; пресування і видалення частини води; сушіння; каландрування та намотування в рулон на накаті.

Плоскосіткова КРМ показана на рисунку 1.1. КРМ складається з наступних частин: сіткова частина 1, пресова частина 2, сушильна частина 3, каландра 4 та наката 5.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – сіткова частина; 2 – пресова частина;
3 – сушильна частина; 4 – каландр; 5 – накат.

Рисунок 1.1 - Плоскосіткова КРМ

Картонна маса поступає з напірного ящика на сіткову частину КРМ, де відбувається зневоднення за допомогою сили тяжіння з наступним формуванням картонного полотна, після цього етапу з картонної маси видаляється основна кількість води.

Після зневоднення полотна на сітковій частині воно поступає на пресову частину. На цьому етапі з картонного полотна видаляється волога, яка утримується поверхневим натягом за рахунок пресування.

Далі картонне полотно зневоднюється в сушильній частині за рахунок контакту з нагрітими поверхнями валів.

Після висушування картонного полотна в сушильній частині, воно передається на машинний каландр за допомогою повітряної заправки. Картонне полотно заправляється між двома верхніми валами каландра, а потім послідовно проходить між захватами валів, при цьому лінійний тиск у кожному послідовному захваті зростає.

Полотно після проходження каландрування передається на накат, де намотується на тамбурні вали в рулони. Після того, як рулон досяг заданого діаметра полотно відрізають, а сам вал забирається підйомним механізмом.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі

У виробництві картону та бумаги машинний каландр відіграє важливу роль. Звичайно каландр розташовують після сушильної або холодильної частини. Каландрування залежить від таких параметрів, як лінійний тиск, вологість полотна, кількість захватів, час каландрування та температура поверхні валів.

Обрано каландр, який складається з 3 валів: двох плаваючих валів та одного приводного середнього валу, які за допомогою важелів шарнірно закріплені на односторонній станині та мають механізми притискання. Верхній та нижній вали виконані з регульованим прогином, що дозволяє збільшити лінійний тиск між ними. Такий пристрій забезпечить необхідні властивості картонного полотна після проходження через каландр.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика машинного каландра

Технічні характеристики наведені в таблиці 2.1

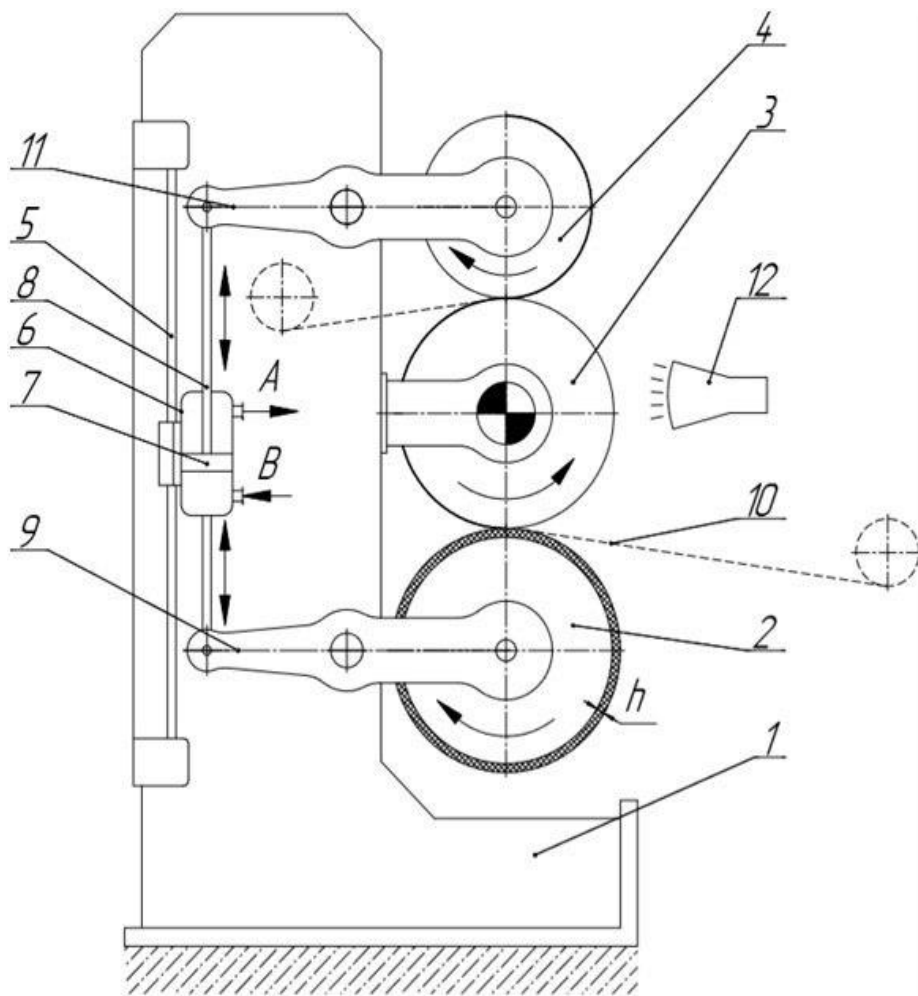
Таблиця 2.1 - Технічна характеристика машинного каландра.

Найменування показника	Розмірність	Величина
Обрізна ширина картону	мм (м)	4200 (4,2)
Гладкість	с	20
Максимальний лінійний тиск	Н/м	124000
Швидкість машини	м/с (м/хв.)	8,9 (534)
Кількість валів	шт	3
Діаметри валів: з регульованим прогином приводного	м	0,55 0,7
Приводних валів	шт	1
Валів з регульованим прогином	шт	2
Довжина між опорами	м	5,5
Потужність	кВт	430
Габаритні розміри довжина ширина висота	м	3,96 9,61 5,126
Маса	кг	36000

3 Опис і обґрунтування вибраної конструкції

3.1 Конструкція і принцип дії виробу, основних складальних одиниць і деталей

Машинний каландр (рисунок 3.1) містить центральний привідний вал та два вали із механізмом гідропідтримки сорочки, що розташовані зверху та знизу привідного валу і з'єднані із притискним механізмом.



1 – станина; 2 – нижній обгумований вал; 3 – привідний середній трубчастий вал; 4 – верхній притискний вал; 5 – направляюча рейка; 6 – гідроциліндр механізму притискання; 7 – поршень; 8 – шток; 9, 11 – важелі, 10 – картонне полотно, 12 – інфрачервона лампа.

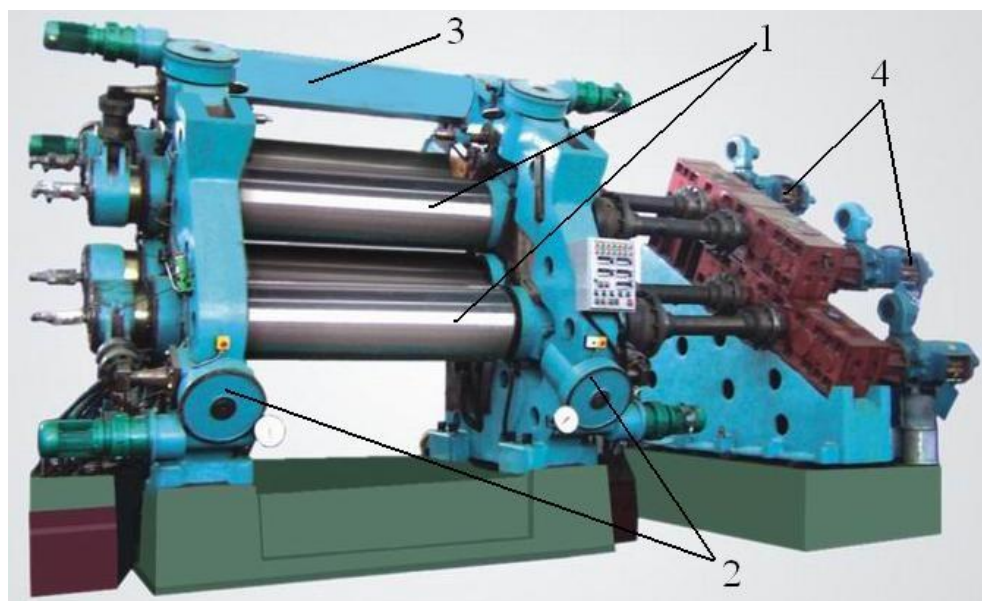
Рисунок 3.1 – Конструкція машинного каландра

Станина має замкнутий прямокутний переріз, що забезпечує високу жорсткість.

Картонне полотно заправляється в захват між верхніми валами каландра, потім послідовно проходить між всіма захватами, а лінійний тиск в кожному наступному поступово зростає. Заправка полотна виконується автоматично, система заправки є комбінованою і складається з повітряної та канатикової заправок.

На каландрі встановлений механізм піднімання і притискання валів, який забезпечує необхідний лінійний тиску між валами, а також потрібен для підйому та опусканню всіх валів крім нижнього.

Конструкція сучасного двохвального каландру представлена на рисунку 3.2.



1 – вали; 2 – механізм притискання валів; 3 – станина; 4 – привід валів

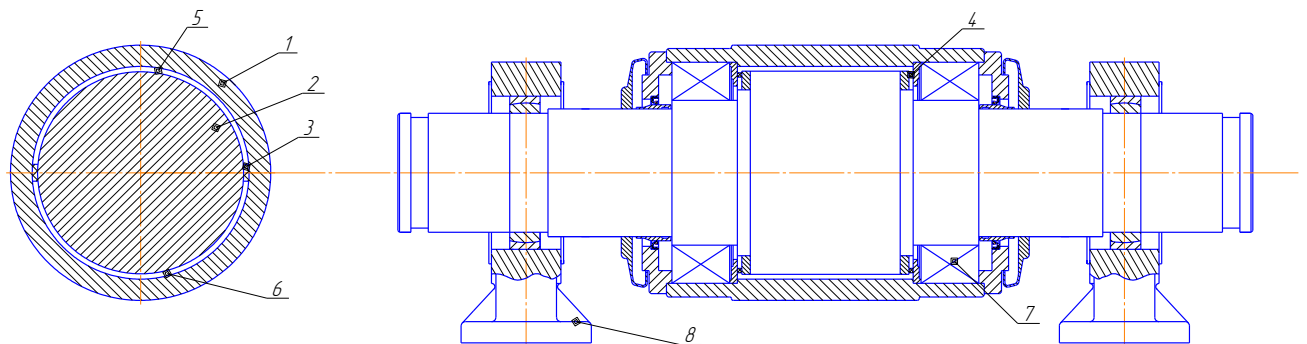
Рисунок 3.2 – Конструкція двохвального каландру

Для того, щоб притиснути вали необхідно подати під тиском робоча рідина подається через штуцер А або В в гідроциліндр 6 та діє на поршень 7, що з'єднаний за допомогою штоку 8 із верхнім важелем притискання 11. У свою чергу робоча рідина діє на гідроциліндр, що переміщується по направляючій рейці 5 та з'єднаний із нижнім важелем притискання 9. Механізм вилегчування 16 необхідний для екстреного піднімання валів, якщо стався обрив полотна або

попадання зайвих предметів в захват між валами, що негативно впливає на його експлуатацію.

Конструкція середнього привідного вала складається з чавунного циліндра, приводної цапфи та звичайної цапфи.

Нижній та верхній вали – із механізмом гідропідтримки сорочки, що дозволяє регулювати прогин, це дає змогу збільшити лінійний тиск в захватах валів. Вал з гідропідтримкою сорочки (рисунок 3.2) складається з сорочки 1, сердечника 2, у просторі між ними розміщені ущільнення (поздовжнє 3 та торцеве 4), вони поділяють простір на дві окремі камери. Сердечник вала нерухомий, а сорочка обертається за допомогою радіально- сферичних підшипників, які розташовані біля торців та спираються на нерухомий сердечник. У робочу камеру 5, яка розташована між сердечником та сорочкою подається мастило. Мастило у свою чергу відводиться через дренажну камеру 6.



1 – сорочка, 2 – сердечник, 3 – ущільнення поздовжнє, 4 – ущільнення торцеве, 5 – робоча камера, 6 – дренажна камера, 7 – підшипник, 8 – опора

Рисунок 3.3 – Вал з регульованим прогином

Сердечник монтується в опори 8, які розташовані на сферичних втулках, це дозволить переміщувати сердечник при вигинанні. Торцеві ущільнення утримують сталі кільця, які монтують в пази опорної втулки. Ущільнення поздовжні знаходяться в пазах сердечника, вони притискаються пружиною до внутрішньої поверхні сорочки. В усіх ущільненнях передбачені отвори для того, щоб мастило вільно переміщувалося під час роботи вала. Мастило надходить через канали, які розташовані на сердечнику під певним тиском прямо в робочу

камеру. Для відведення мастила, яке опинилося в дренажній камері встановлені такі ж канали.

Для того, щоб забезпечити рівномірний лінійний тиск при роботі каландру, необхідно підтримувати робочий тиск в камері в межах 0,2 – 0,4 МПа. Перепад тиску мастила між двома камерами (дренажною і робочою) відбувається за рахунок системи автоматичного регулювання.

Зважаючи на те, що нижній і верхній вали мають гідропідтримку сорочки, а їх сердечники нерухомі, то другий вал зроблено приводним. Цей привідний вал з'єднаний з електродвигуном та редуктором безпосередньо карданним валом. Використання саме карданного вала дає змогу підіймати та опускати цей вал.

В сушильній частині встановлені холодильні циліндри, які підвищують вологість картону. Вологість картону добре впливає на процес каландрування, так як значно збільшує його пластичну деформацію.

При процесі каландруванні відбувається виділення значної кількості теплоти, так як частина механічної енергії переходить в теплову. Це явище значно зменшує вологість картонного полотна на каландрі, тобто в кожному наступному захваті вплив каландрування на картонне полотно зменшується. Відведення теплоти відбувається за рахунок повітряного охолодження проміжних валів. Повітря надходить на частину вала, де вал не контактує з картонним полотном.

Шабери встановлені на кожний з валів, вони кріпляться до підшипникових опор, це дозволяє шаберам вільно переміщуватися разом з валами. Всі шабери можуть поступально переміщуватися уздовж осі вала, цей рух забезпечує пневматичні механізми. Всі шабери, крім самого нижнього, можуть бути підключенні там відключенні одночасно. Також кожен із шаберів може бути підключений або відключений окремо.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір матеріалів

На вали каландра постійно діють змінні навантаження, тому обов'язково щоб вони мали високу границю втоми. Вали металічні повинні виготовлятися з такого металу, який має досить велику твердість поверхні, а також підвищену зносостійкість. Твердість поверхні повинна бути не менше ніж 300 НВ. Вибираємо матеріал СЧ 25, що задовольняє проведеним розрахункам виходячи з того, що вологість картону мінімальна, а робоче середовище не агресивне.

На приводному валі ніж шабера виробляють з фосфористої прокатної бронзи, а вали верхнього та нижнього валів у свою чергу зі сталі марки Сталь 25 ГОСТ 1050-88. Твердість поверхні повинна бути не менше ніж 160 НВ.

Важелі всіх валів виготовляють зі сталі 35Л ГОСТ 977-88 (ливарна сталь), яка за проведеними розрахунками задовольняє умови міцності.

Осі механізму піднімання та опускання валів виробляють з Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 (легована сталь), яка за проведеними розрахунками задовольняє умови міцності.

3.3 Порівняння основних показників вибраної конструкції з аналогами

Модернізація машинного каландра полягає в новій компоновці валів, заміні звичайних валів на вали з регульованим прогином(гідропідтримкою сорочки), встановленні інфрачервоної лампи. Ця модернізація дає змогу значно збільшувати лінійний тиск в захваті валів, підвищить якість одержаного картонного полотна, зменшить ймовірність обриву полотна.

Порівняння розроблюваної конструкції з існуючими аналогами та їх основні характеристики наведено в таблиці 3.1.

Порівняння проводимо з конструкцією 1 [1] (рисунок. 3.3) та конструкцією 2, фірми "Andritz" (рисунок. 3.5).

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Показники модернізованої та двох базових конструкцій каландрів.

Показники	Конструкція		
	Модернізована	Базова 1	Базова 2
Кількість валів, шт.	3	6	2
Максимальний лінійний тиск, кН/м	124	120	100
Обрізна ширина паперу, м	4,2	4,2	4,2
Наявність валів з регульованим прогином	Є	Є	Є
Наявність валів з бомбуванням	Немає	Є	Немає
Вали з регульованим прогином, шт.	2	1	1
Приводний вал	другий	другий	перший
Потужність приводу, кВт	430	520	270
Маса конструкції, кг	37450	88000	25950

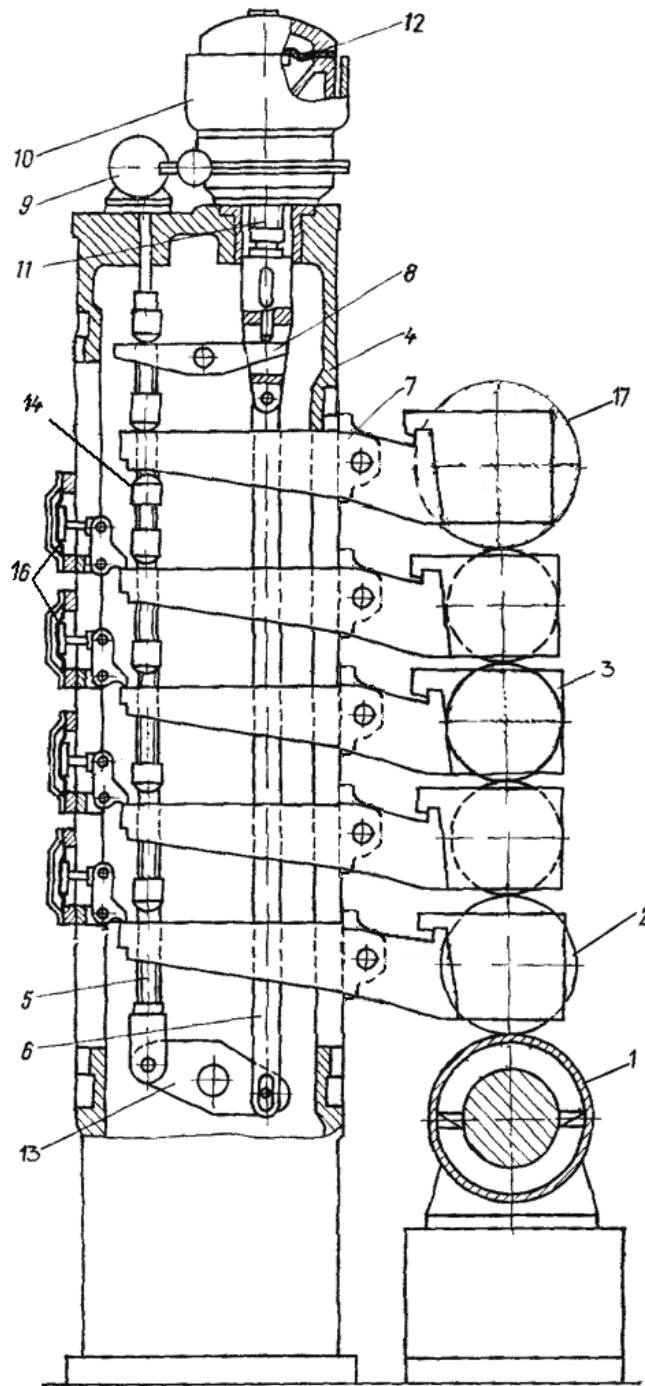
Основні недоліки базової конструкції 1 (рисунок. 3.3):

– наявність використання на каландрі валів з бомбуванням, що не дає можливість заміни профіля вала, тобто бомбування вала не дозволяє змінити лінійний тиск в захваті валів та не дозволяє випускати різний тип продукції;

– гладкість полотна після каландрування на машинному каландрі не задовольняє вимогам, тому для надання картону необхідної гладкості потрібно провести додаткове каландрування на суперкаландрі, що є дуже великим недоліком бо значно зростають витрати на електроенергію;

- висока ймовірність обриву полотна, це призводить до втрати продукції.

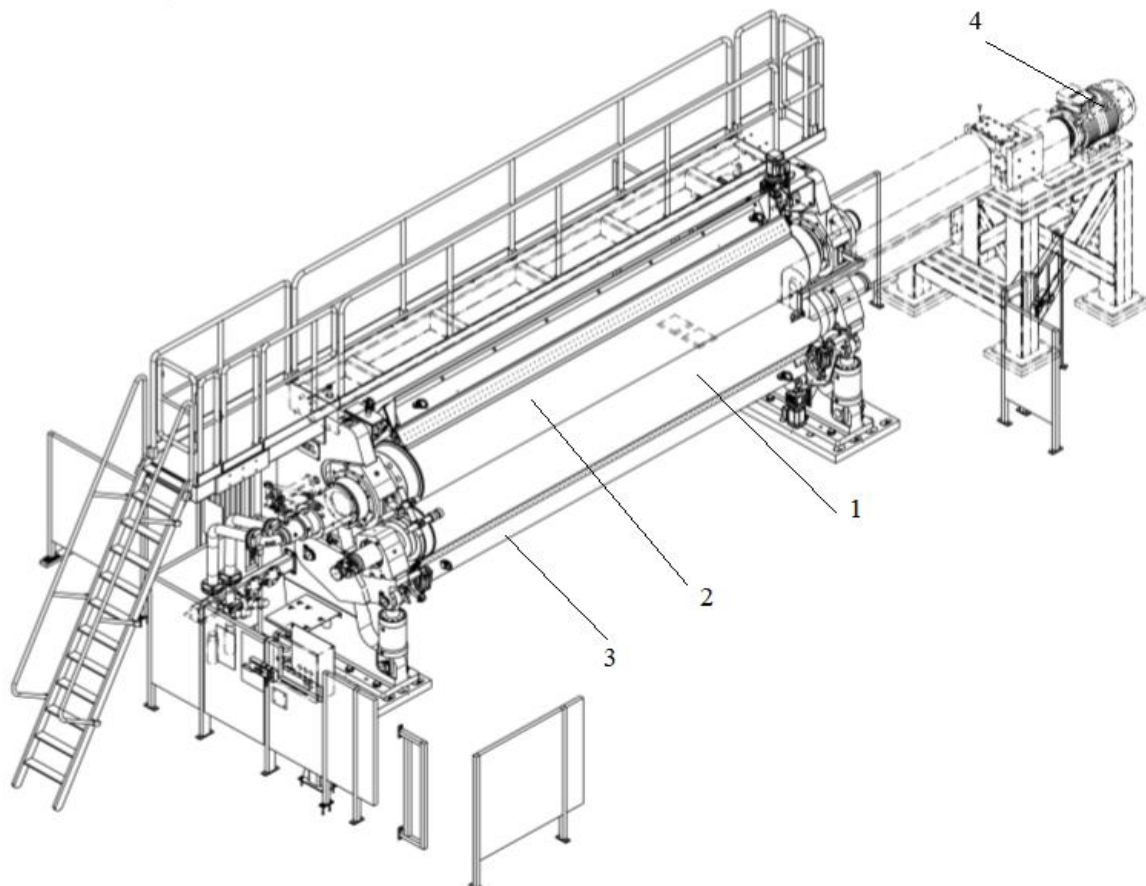
Базова конструкція каландра 1 представлена на рисунку 3.4.



1 – вали плаваючі; 2 – вал приводний; 3 – вал проміжний; 4 – станинна;
 5 – тяга підйому й притискання валів; 6 – тяга з'єднувальна; 7 – важіль валу;
 8 – коромисло верхнє; 9 – електродвигун механізму підйому валів;
 10 – черв'ячний редуктор механізму підйому валів; 11 – гвинт підйому валів;
 12 – притискач діафрагмовий; 13 – коромисло нижнє; 14 – упори підйому та притискання валів; 16 – діафрагмовий механізм вилегчування валів, 17 – вал верхній.

Рисунок 3.4 – Базова конструкція каландра 1

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



1 – нижній привідний вал; 2 – верхній вал; 3 – напрямляючі валки;
4 – електродвигун.

Рисунок 3.5 – Базова конструкція 2, фірми "Andritz"

Основні недоліки базової конструкції 2, фірми "Andritz" (рисунок 3.4):

- вал з регульованим прогином є приводним валом одночасно, це потребує необхідності використання спеціальних трьохкільцевих підшипників та муфти;
- отримана гладкість картону не задовольняє встановленим умовам;
- відносно невеликий лінійний тиск;

Порівняно з базовими конструкціями, модернізована має ряд таких переваг:

- за рахунок використання валів з гідропідтримкою оболонки маємо рівномірний тиск в захваті валів;
- заміна валів з бомбуванням на вали з гідропідтримкою сорочки дозволило значно зменшити їх металоємність і дозволяє легше їх виготовляти;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

– на відміну від валів з бомбуванням є можливість зміни режиму роботи каландра, за допомогою зміни тиску мастила в камерах та зміни сили притискання на вали;

– в плаваючих валах використовується циркуляція мастила, це дозволяє регулювати і стабілізувати температуру сорочки вала при процесі, що покращує каландрування;

– модернізований вал досягає необхідної гладкості без застосування каландрування, це призводить до значного зменшення витрат енергії на процес каландрування.

3.4 Патентне дослідження

Предмети пошуку:

- машинний каландр КРМ;
- конструкції валів з гідропідтримкою оболонки;
- механізм притискання валів;
- механізм підіймання валів;
- компоновка валів каландра.

Мета пошуку: визначення актуальності спроектованої установки, патентоздатності, аналіз напрямків розвитку даних конструкцій в промисловості.

Встановлюємо держави для пошуку патентів: Україна, Російська Федерація, Німеччина, СРСР, США.

Термін дії патента Україні на корисну модель становить 10 років, а на винахід – 20 років. Виходячи з цього шукаємо патенти в межі від 1999 – 2019 рр.

Пошук ведемо за класифікаційними індексами:

- міжнародна класифікація патентів (МПК7, МПК6, МПК5, МПК4, D21F6/00, F21G5/00, D21G1/02);

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- уніфікована класифікація (УДК 676.024.16, УДК 676.024.17);

Джерелами пошуку інформації є:

- бази патентів України, Російської Федерації, Німеччини, ЄС, США на винаходи і корисні моделі;
- підручники, методичні матеріали та навчальні посібники;

Основними ознаками установки є: вали з гідропідтримкою, механізм притискання, станина, інфрачервона лампа.

Відмінності патентів по джерелам пошуку наведені у Додатку Б.

В патенті [3] розроблено каландр (рисунок 3.7), що складається з: нагріваючих валів, еластичних валів, привідний вал, верхній та нижній вали з гідропідтримкою оболонки.

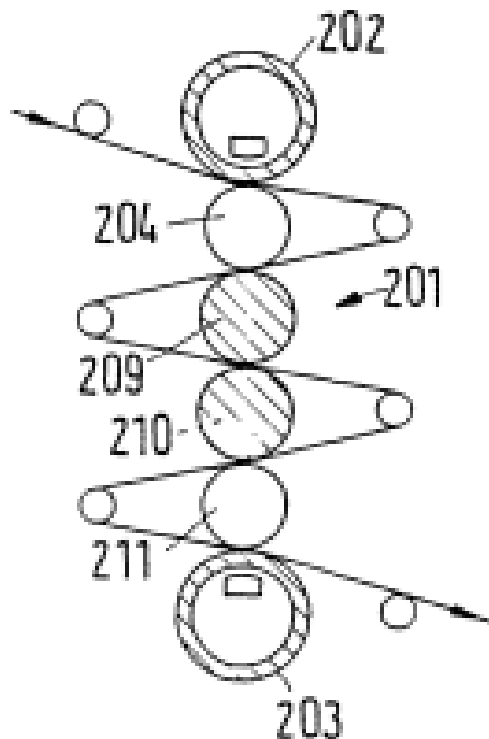
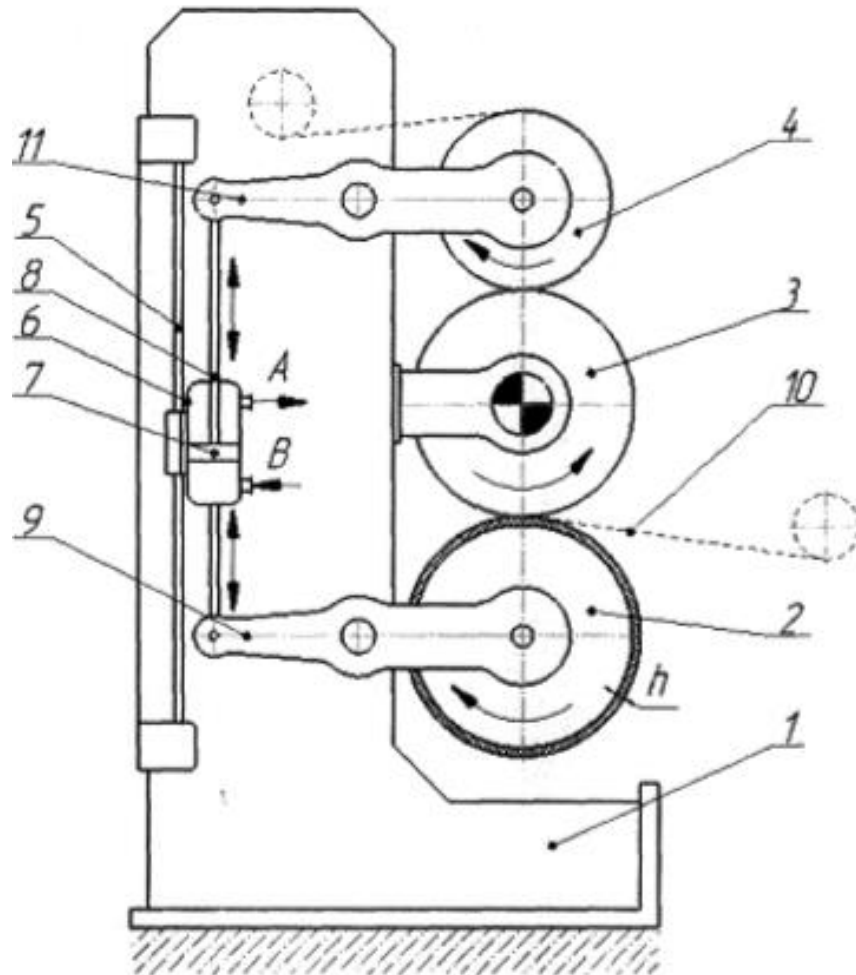


Рисунок 3.7 – Каландр.

Переваги: можливість змінювати зусилля притискання, металоємність, підвищена безшумність роботи, дешевизна.

Недоліки: чавун із якого виготовлено даний каландр має малу зносостійкість, можливість регулювання.

В патенті [4] розроблено машинний каландр (рисунок 3.8), що складається з: середнього привідного вала, двох валів з гідропідтримкою, механізму притискання та підймання валів, станини.



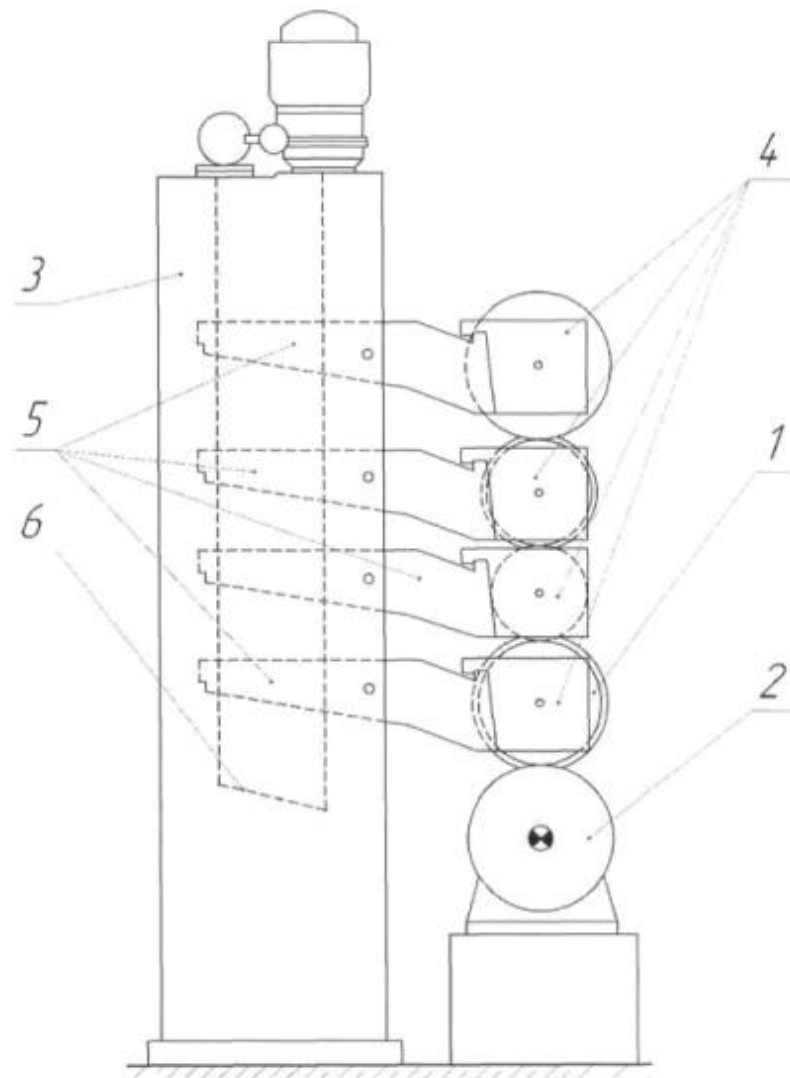
1 – станина; 2 – нижній вал з гідропідтримкою оболонки; 3 – привідний середній вал; 4 – верхній вал з гідропідтримкою оболонки; 5 – направляюча рейка притискного механізму; 6 – гідроциліндр; 7 – поршень; 8 – шток; 9 – нижній важіль; 10 – картоне полотно; 11 – верхній важіль.

Рисунок 3.8 – Конструкція корисної моделі машинного каландра.

Переваги: можливість змінювати зусилля притискання, зменшення металоємності на конструкцію, підвищення якості картону на виході.

Недоліки: перегрівання полімерного матеріалу яким покритий нижній вал, відсутність проковзування валів в захваті, значні енергозатрати при створюванні лінійного тиску.

В патенті [5] розроблено машинний каландр (рисунок 3.9), що складається з: металевих валів, корінного вала, станини, привіда для обертання валів, підйомно-притискного пристрою.



1 – батарея з чотирьох валів; 2 – корінний привідний вал; 3 – станина;
4 – корпуси для підшипників; 5 – важелі валів; 6 – притискний пристрій

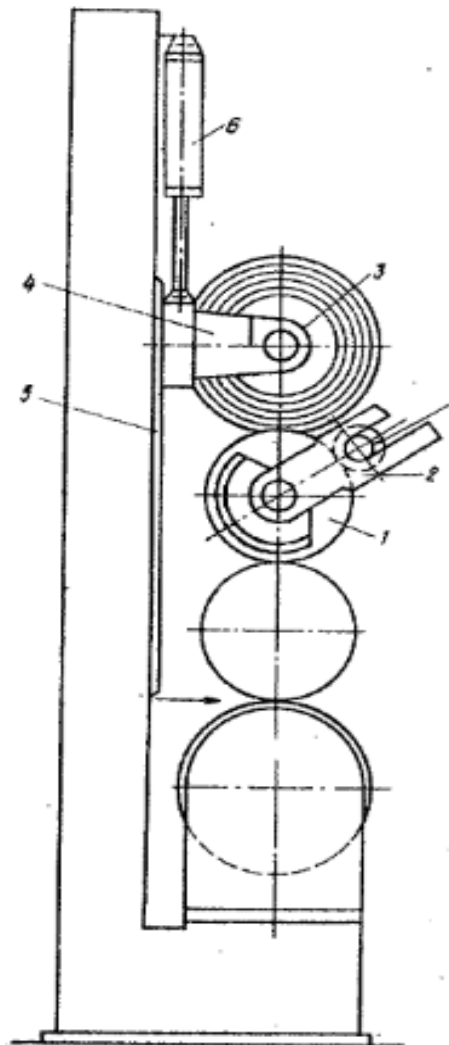
Рисунок 3.9 – Конструкція корисної моделі машинного каландра.

Переваги: збільшений час каландрування, висока якість вихідної продукції.

Недоліки: металоємність конструкції, при збільшенні лінійного тиску є роздавлювання картонного полотна в окремих місцях, тобто нема можливості збільшувати лінійний тиск.

В патенті [6] розроблено машинний каландр (рисунок 3.10), що складається з: ряду валів, станину з направляючими, каретки і циліндр накату.

Переваги: відносно низька металоємність конструкції, висока надійність роботи, наявність циліндра накату, який встановлений над верхнім валом.



1 – циліндр накату; 2 – поворотні ричаги; 3 – тамбурний вал; ; 4 – каретки; ;
5 – станина; ; 6 – притискний механізм.

Рисунок 3.10 – Конструкція машинного каландра.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки: великі габаритні розміри, накат має велику металоємність, наявність обривів картонного полотна.

В патенті [7] розроблено машинний каландр (рисунок 3.11), що складається з: батареї валів з ричагами, які шарнірно закріпленні на станині; підйомний пристрій для вилегчування валів; станини.

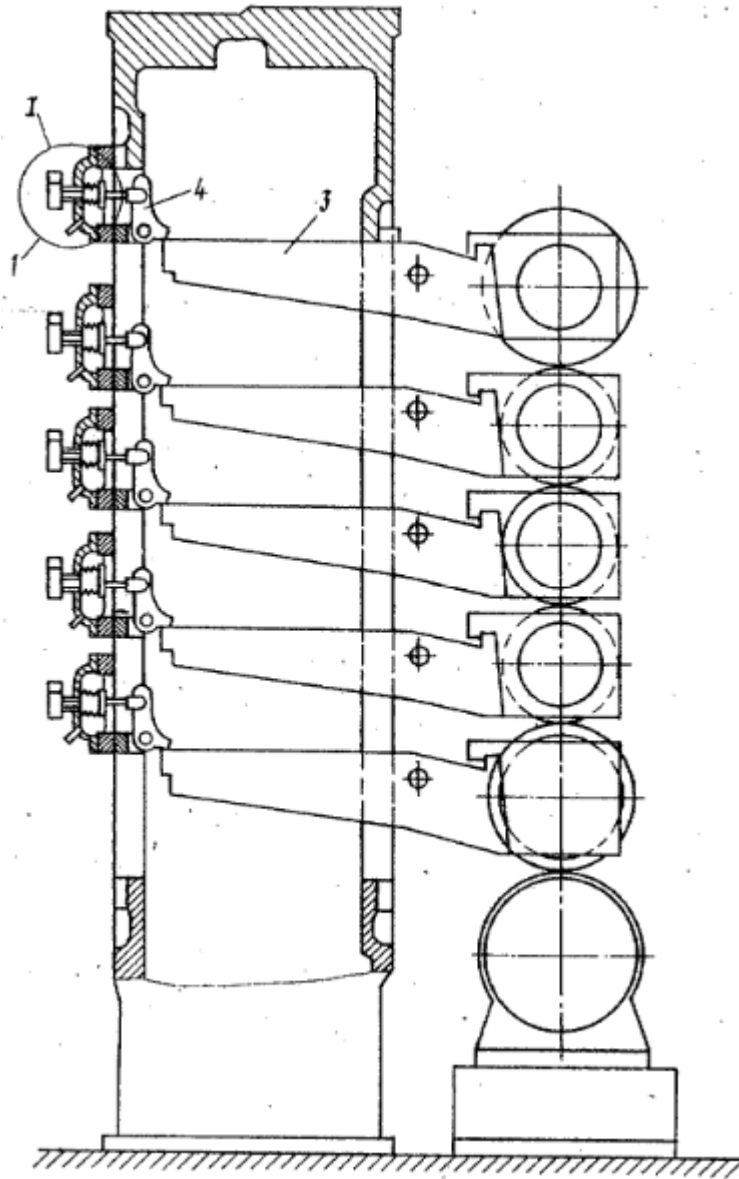


Рисунок 3.10 – Конструкція машинного каландра.

Переваги: висока надійність роботи, довговічність конструкції.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.705431.001 ПЗ

Арк.

31

Недоліки: висока металоємність, ефективність роботи залежить від механізму вилегчування, великі габаритні розміри, наявність обривів картонного полотна.

Після патентного дослідження було встановлено, що:

1) модернізована конструкція машинного каландра відповідає вимогам патентоздатності так як:

- модернізована конструкція каландра має актуальну компоновку трьох валів, що зменшує металоємність конструкції;
- використовуються вали з гідропідтримкою оболонки, а нижній вал з полімерним покриттям;
- встановлена інфрачервона лампа;

2) найбільш провідні та вдалі конструкції патентів у галузі папероробного та картоноробного виробництв наявні у таких держав як: США, Китай, Німеччина, Великобританія, Російська Федерація. Запатентовані патенти на винаходи та корисні моделі відносяться до КРМ, механізму притискання, механізму вилегчування, валів з гідропідтримкою оболонки, різної компоновки валів;

3) після аналізу патентів на корисні моделі та винаходи можна зробити висновок, що в галузі картоноробного виробництва основні модернізації та вдосконалення конструкцій спрямовані на підвищення лінійного тиску при каландруванні та можливість його змінювати, підвищення якості картонного полотна, зменшення енерговитрат, зменшення металоємності конструкції а також збільшення продуктивності по готовій продукції.

Копії патентів, які були використані у патентному дослідженні наведені в Додатку В у пояснювальній записці.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Розвиток науки та приносить важливі нововведення у всі сфери матеріального виробництва, що дозволяє суттєво покращити технологічні процеси. При розробці нового приладу, необхідно зробити аналіз всіх можливих шкідливих, небажаних та небезпечних факторів виробництва. Необхідно розробити заходи, спрямовані на усунення, якщо це можливо, або мінімізацію їх несприятливого впливу на працівників виробництва.

Тема дипломного проекту – модернізація машинного каландра КРМ.

Забезпечення охорони праці потрібно враховувати ще на початкових стадіях розробки і проектування установки, її модернізації, обслуговуванні та експлуатації.

Машинний каландр обслуговують оператори, які спостерігають за його роботою з операторської.

Каландр знаходиться у приміщенні, де розташована картоноробна машина, площа якого $S=6000 \text{ м}^2$.

На робочому місці є такі шкідливі та небезпечні фактори:

- повітря робочої зони;
- безпека рухомих частин;
- виробничий шум;
- безпека ураження електричним струмом;
- пожежна безпека;

4.1 Небезпека впливу частин обладнання які рухаються й обертаються

Машинний каландр КРМ має три рухом вала, що обертаються, так що найбільшу небезпеку для персоналу який обслуговує каландр становить захват людини валом, який обертається та подальше потрапляння людини в захват між двома валами.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб запобігти травматизму, всі частини які обертаються обладнані захисними кожухами та огорожами. Всі площадки мають огорожу з половою, висота огорожі становить 1.5 м.

4.2 Виробничий шум

Машинний каландр КРМ знаходиться в закритому типі приміщення, а його конструкція спричиняє постійний рівень шуму, який перевищує допустимі норми. Основні джерела шуму при роботі каландра це вали, що обертаються та електродвигун.

Загальний рівень шуму в цеху становить 97 дБА. Шум в приміщенні перевищує норми допустимі в ДСН 3.3.6.037–99.

Для того, щоб знизити рівень шуму у приміщенні вжиті наступні заходи:

- балансування валів з високою точністю $\Delta L=12$ дБА;
- виконані монтажні роботи з високою точністю $\Delta L=6$ дБА
- спостерігається за мастилом в підшипникових вузлах $\Delta L=8$ дБА;
- облицювати стіни звукоізолюючим матеріалом, гіпсовими перфорованими плитами, які поглинають шум $\Delta L=10$ дБА.

Це знизить рівень шуму в цеху до 61 дБА, що відповідає допустимим нормам в 80 дБА.

Використовують також засоби індивідуального захисту персоналу від шуму:

- протишумні навушники ПШН-Б, які знижують рівень шуму на 20-25 дБА;
- протишумні вкладиші „Беруши 3М”, що знижують рівень шуму на 12-15 дБА.

Ці заходи дозволять знизити рівень виробничого шуму до допустимої норми.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Небезпека ураження електричним струмом

Приміщення, де встановлена КРМ за класифікацією приміщень по ступеню небезпеки ураженням електричним струмом можна віднести до класу з підвищеною небезпекою.

Для роботи каландра використовують мережу з ізольованою нейтраллю, струм $U=220/380$ В. Ця мережа дозволяє використовувати дві робочі напруги – фазову та лінійну.

Для забезпечення електробезпеки обладнання використовують наступні заходи:

а) у робочому режимі:

- пило-водонепроникні коробки електродвигунів;
- електрообладнання в шафах виносять в окремі приміщення які в свою чергу не відносяться до пожежонебезпечних;
- проведення проводів та кабелів обладнання в сталевих трубах;
- підводити електричний струм до обладнання через недосяжну для персоналу висоту;
- використовувати потрібно подвійну ізоляцію.

б) у аварійному режимі:

- використовується захисне заземлення обладнання і його аварійне відключення (опір пристрою, який заземлений між корпусом будь – якого приладу і землею не перевищує 3.5 Ом протягом року) згідно ГОСТ 12.1.030-89.

- використані засоби захисту такі, як гумовані коврики, індикатори струму та напруги, ізольовані майданчики.

При монтажі, обслуговуванні та експлуатації автоматичних систем управління (АСУ) виконуються основні правила роботи, встановлені для електричних установок (ПУЕ-2013).

Заходи АСУ установлені так, щоб безпека в експлуатації та обслуговуванні технічних обладнань забезпечувалася на високому рівні.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Виробниче освітлення

В приміщенні, де розташована КРМ і сам машинний каландр передбачається штучне освітлення. Згідно з нормами освітленості для даного обладнання нормоване значення освітлення дорівнює $E_n = 200$ лк по ДБН В.2.5–28–2006.

Для освітлення приміщення використовуємо 12 дугових ртутно-люмінесцентних ламп ДРЛ 700 з потужністю 700Вт (його напруга – 220 В, світловий потік – 35000 лм, $E_{факт} = 300$ лк). Для того, щоб забезпечити рівномірність освітлення необхідно розташувати лампи в два ряди по 6 штук в кожному.

Лампи створюють штучне світло, яке за по яскравості наближається до природного, що відповідає ДБН В.2.5-28-2006.

4.5 Пожежна безпека

При роботі машинного каландра КРМ використовується картонне полотно, яке має досить невелику температуру займання близько 240-250 °С.

Категорія приміщення В, клас захисту П-Па [13].

Можливими причинами виникнення пожежі можуть бути:

- несправність обладнання та самої мережі;
- заряди статичної електрики;
- коротке замикання;
- перевантаження електричного двигуна чи електромережі.

У самому приміщенні встановленні пожежні гідранти, оповіщувачи диму „СПД-3”, оповіщувачи тепла „СПТ-2Б” (спрацьовують при підвищенні температури за значення критичного).

Наявні засоби негайного зв'язку з пожежною частиною.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщенні встановлені первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники, ящики з піском, бочки з водою, протипожежні покривала, пожежний інвентар тощо.

Місткість встановлених ящиків з піском 0.3 м³, також вони обладнані совковою лопатою. Бочки з водою мають місткість 0.4 м³ та укомплектовані відрами.

Встановлені такі вогнегасники для ліквідації невеликих пожеж до прибуття підрозділів пожежної охорони:

- ручні вогнегасники „ОП-5”;
- автоматичні вогнегасники „САМ-3”.

Протипожежні покривала виготовляють з негорючого теплоізоляційного полотна та мають розмір 2х2 м.

Під час пожежі є ризик отруєння чадним газом, для уникнення небезпеки використовують повітряні апарати типу „МПА 2х30” та „МПА 4х30”.

Приміщення обладнане двома евакуиходами ширина яких 2 м, в спеціально відведених місцях розміщені схеми евакуації.

Схема евакуації приміщення зображена на рисунку 4.1.

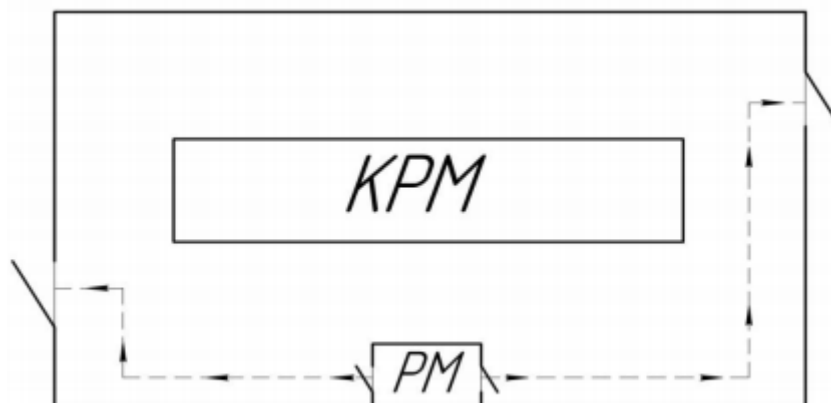


Рисунок 4.1. Схема евакуації на виробництві під час пожежі.

Протипожежна безпека машинного каландру КРМ відповідає нормам, які наведені в [13].

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкції

5.1 Параметричний розрахунок установки

Розрахункова схема установки зображена на рисунку 4.1.

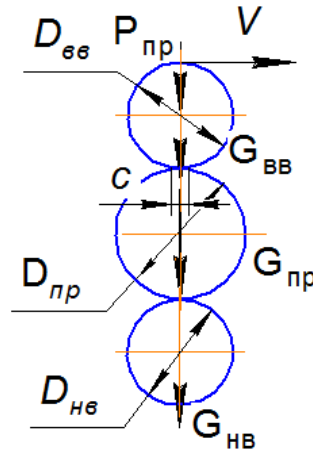


Рисунок 5.1 – Схема установки каландру

Мета: визначення продуктивності машинного каландра, ширини площадки деформації в захваті, тиску в захваті валів та зусилля притискання нижнього та верхнього валів каландра.

Вихідні дані:

швидкість машинного каландра V , м/с	9,7
обрізна ширина картону B , м	4,2
маса картону g , г/м ²	200
товщина картону до каландрування $\delta_{\text{н}}$, м	$5,8 \cdot 10^{-4}$
товщина картону під час каландрування δ_0 , м	$4,8 \cdot 10^{-4}$
товщина картону після каландрування $\delta_{\text{к}}$, м	$5,3 \cdot 10^{-4}$
радіус верхнього вала R_1 , м	0,55
радіус середнього вала R_2 , м	0,7
гладкість, C	20

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в [1].

Основні параметри трьохвального машинного каландра представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри трьохвального машинного каландра.

Найменування валу	Діаметр вала D, м	Маса вала m, кг	Вага вала G, Н
Верхній вал	0,55	7500	73500
Середній вал	0,7	9800	96040
Нижній вал	0,55	7500	73500

Тиск в захваті валів каландра знаходимо з графічної залежності картону від тиску при різній кількості захватів валів (рисунок 4.2).

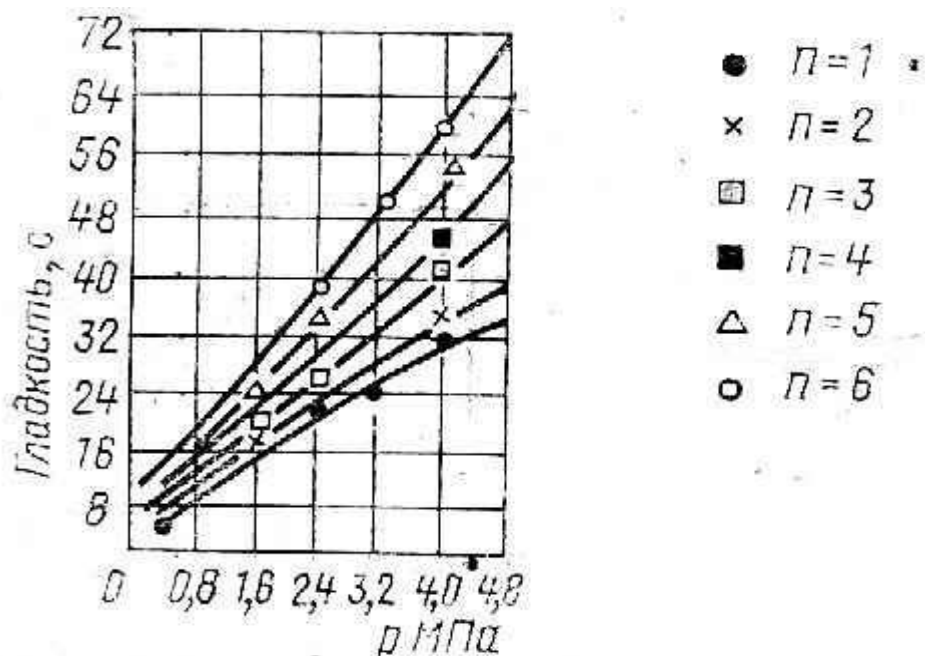


Рисунок 5.2 - Графічна залежність гладкості картону від тиску при різній кількості захватів валів

Де $n = 2$ – кількість захватів,

$C = 20$ C – гладкість картонного полотна.

Із даної графічної залежності гладкості картону від тиску при різних кількості захватів $P = 2$ МПа.

Ширина площадки деформації в захваті:

$$C = C_1 + C_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} \cdot (\sqrt{\delta_H - \delta_0} + \sqrt{\delta_K - \delta_0}) = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,55 \cdot 0,7}{0,55 + 0,7}} \cdot (\sqrt{5,8 \cdot 10^{-4} - 4,8 \cdot 10^{-4}} + \sqrt{5,3 \cdot 10^{-4} - 4,8 \cdot 10^{-4}}) = 0,0617 \text{ м.}$$

Тиск розрахунковий в захваті валів:

$$P_p = \frac{q_L}{C} = \frac{180 \cdot 10^3}{0,0617} = 2,917 \text{ МПа,}$$

де $q_L = 180$ кН/м – значення лінійного тиску, яке ми визначаємо при заданих в умові параметрах валів [2].

Умова для подальшого проведення розрахунків:

$$P_p = P \pm 0,01$$

Маємо:

$$2,917 \text{ МПа} > 2 \text{ МПа.}$$

Умова не виконується.

Щоб виконувалася умова для подальшого проведення розрахунків, треба змінити значення лінійного тиску, в нашому випадку зменшити. Тоді розрахунковий тиск в захваті:

$$P_p = \frac{q_L}{C} = \frac{124 \cdot 10^3}{0,0617} = 2 \text{ МПа,}$$

де $q_L = 124$ кН/м – значення лінійного тиску, яким ми задаємося.

Умова для подальшого проведення розрахунків:

$$P_p = P \pm 0,01$$

Маємо:

$$2 \text{ МПа} = 2 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

Зусилля притискання на верхній та нижній вали:

$$P_{пр1} = q_L \cdot B - G_{вв} = 124000 \cdot 4,25 - 73500 = 453500 \text{ Н} = 45,35 \text{ кН,}$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{пр2} = q_{л} \cdot B + G_{нв} = 124000 \cdot 4,25 + 73500 = 600500 \text{ Н} = 60,05 \text{ кН.}$$

Висновок: в результаті розрахунку був визначений тиск в захваті валів, який становить $P = 2 \text{ МПа}$. А також була визначена ширина площадки деформації в захваті, яка дорівнює $0,0617 \text{ м}$. Визначено зусилля притискання верхнього та нижнього вала, яке дорівнює $45,35 \text{ кН}$ та $60,05 \text{ кН}$.

5.2 Розрахунок тягових зусиль

5.2.1 Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках валів

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.3.

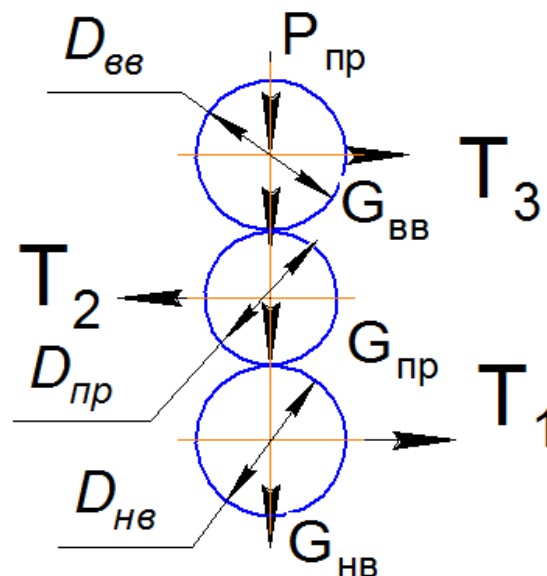


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема тягових зусиль

Мета: визначення тягових зусиль, які виникають в підшипниках каландра.

Вихідні дані:

зусилля притискання на верхній вал $P_{пр1}$, Н	453500
зусилля притискання на нижній вал $P_{пр2}$, Н	600500
діаметр цапфи верхнього вала $d_{ц.вв}$, м	0,21
діаметр цапфи приводного вала $d_{ц.пр}$, м	0,25
діаметр цапфи нижнього вала $d_{ц.нв}$, м	0,21
діаметр верхнього вала $D_{вв}$, м	0,55

діаметр приводного вала $D_{пр}$, м	0,7
діаметр нижнього вала $D_{нв}$, м	0,55
вага верхнього вала $G_{вв}$, Н	73500
вага приводного вала $G_{пр}$, Н	96040
вага нижнього вала $G_{нв}$, Н	73500
обрізна ширина картону B , м	4,2
внутрішній діаметр другого вала $D_{внпр}$, м	0,61

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [11].

Тягове зусилля в підшипниках верхнього вала:

$$T_{1.1} = Q_{13} \cdot f \cdot \frac{d_{ц.вв}}{D_{вв}} = 453500 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,21}{0,55} = 8658 \text{ Н},$$

де $f = 0,05$ – коефіцієнт тертя для підшипників;

Q_{13} – навантаження на підшипники верхнього вала, Н.

Навантаження на підшипник і верхнього вала:

$$Q_{13} = P_{пр1} = 453500 \text{ Н}.$$

Тягове зусилля приводного вала:

$$T_{1.2} = Q_{1.2} \cdot f \cdot \frac{d_{ц.пр}}{D_{пр}} = 96040 \cdot 0,01 \cdot \frac{0,25}{0,7} = 343 \text{ Н},$$

де $Q_{1.2}$ – навантаження на підшипники приводного вала, Н.

Навантаження на підшипники приводного вала:

$$Q_{1.2} = G_{вв} + G_{пр} + P_{пр} - P'_{пр} = 73500 + 96040 + 453500 - 527000 = 96040 \text{ Н}$$

де $P'_{пр}$ - залишкове притискне зусилля, Н .

Залишкове притискне зусилля:

$$P'_{пр} = P_{пр2} - G_{нв} = 600500 - 73500 = 527000 \text{ Н}.$$

Тягове зусилля в нижньому валі:

$$T_{1.1} = Q_{1.1} \cdot f \cdot \frac{d_{ц.нв}}{D_{нв}} = 600500 \cdot 0,01 \cdot \frac{0,21}{0,55} = 2293 \text{ Н},$$

де $Q_{1.1}$ – навантаження на підшипники нижнього вала, Н.

Навантаження на підшипники нижнього вала:

$$Q_{1.1} = P_{пр2} = 600500 = 600500 \text{ Н}.$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарне тягове зусилля на здолаття тертя в підшипниках валів:

$$T_1 = \sum T_{1i} = 11294 \text{ Н.}$$

Висновок: тягове зусилля, яке виникає на подолання тертя в підшипниках валів дорівнює 11294 Н.

5.2.2 Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.4.

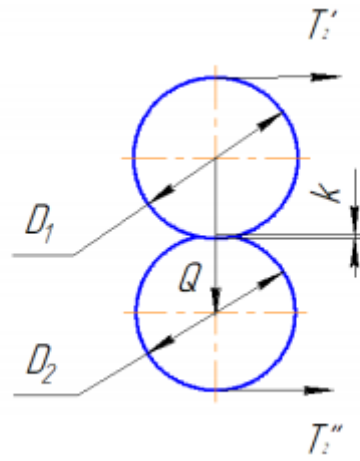


Рисунок 5.4 – Розрахункова схема тягових зусиль

Мета: визначення тягових зусиль, які виникають для подолання тертя кочення вала по валу.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в [11].

Тягове зусилля на здолаття тертя кочення третього вала по другому:

$$T_{2.2} = 2 \cdot Q_{2.2} \cdot k \cdot \left(\frac{1}{D_{\text{вв}}} + \frac{1}{D_{\text{пр}}} \right) = 2 \cdot 96040 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{0,55} + \frac{1}{0,7} \right) = 3119 \text{ Н,}$$

де $k = 5 \cdot 10^{-3}$ – коефіцієнт тертя кочення, для каландрових валів;

$Q_{2.2}$ – навантаження на другий вал, Н.

Навантаження на другий вал:

$$Q_{2.2} = P_{\text{пр}} + G_{\text{вв}} + G_{\text{пр}} - P'_{\text{пр}} = 453500 + 73500 + 96040 - 527000 = 96040 \text{ Н.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя кочення другого вала по першому:

$$T_{2.1} = 2 \cdot Q_{2.1} \cdot k \cdot \left(\frac{1}{D_{\text{пр}}} + \frac{1}{D_{\text{нв}}} \right) = 2 \cdot 527000 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,55} \right) = 1711 \text{ Н,}$$

де $Q_{2.1}$ – навантаження на перший вал, Н.

Навантаження на перший вал:

$$Q_{2.1} = P_{np2} - G_{нв} = 600500 - 73500 = 527000 \text{ Н.}$$

Сумарне тягове зусилля на здоляння тертя кочення валів один по одному:

$$T_2 = T_{2.2} + T_{2.1} = 3119 + 1711 = 4830 \text{ Н.}$$

Висновок: тягове зусилля, яке виникає на подолання тертя кочення вала по валу дорівнює 4830 Н.

5.2.3 Тягове зусилля на подолання тертя шабера по поверхні вала

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.5.

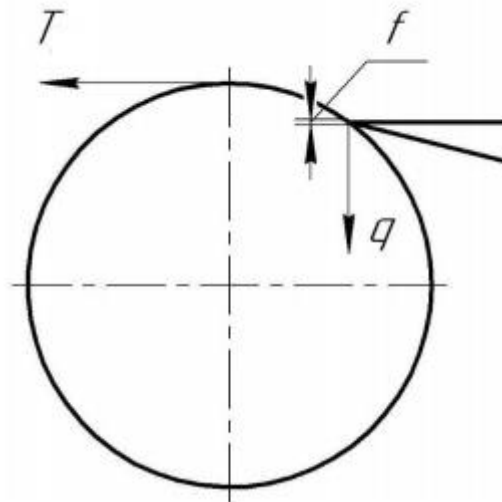


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема тягових зусиль

Мета: визначення тягових зусиль, які виникають в результаті тертя шабера по поверхні вала.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в [1].

Тягове зусилля на подолання тертя шабера по поверхні вала:

$$T_3 = q_{\text{лш}} \cdot B \cdot f_{\text{ш}} = 0,2 \cdot 10^3 \cdot 4,25 \cdot 0,2 = 170 \text{ Н;}$$

де $q_{\text{лш}} = 0,2$ кН/м – лінійний тиск шабера;

$f_{\text{ш}} = 0,2$ - коефіцієнт тертя шабера по поверхні вала.

Спроектований каландр складається з трьох валів на кожному з яких встановлений окремий шабер, звідси загальне тягове зусилля тертя шаберів по поверхні всіх валів:

$$T_3 = 3 \cdot T_2 = 3 \cdot 170 = 510 \text{ Н.}$$

Висновок: загальне тягове зусилля, яке виникає на подолання тертя шабера по поверхні всіх валів 510 Н.

5.2.4 Тягове зусилля на подолання тертя ковзання валів по картону

Мета: визначення тягових зусиль на подолання тертя ковзання валів по картону.

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в [11].

Тягове зусилля на подолання тертя ковзання валів по картону:

$$T_4 = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{сум}} \cdot f_{Tk}}{100} = \frac{0,1 \cdot 96040 \cdot 0,3}{100} = 29 \text{ Н,}$$

де $f_{Tk} = 0,3$ – коефіцієнт тертя ковзання валів по ;

$\alpha = 0,1\%$ – коефіцієнт;

$Q_{\text{сум}}$ – сумарне навантаження, Н.

Сумарне навантаження:

$$\begin{aligned} Q_{\text{сум}} &= P_{\text{пр1}} + G_{\text{вв}} + G_{\text{пр}} + G_{\text{нв}} - P_{\text{пр2}} \\ &= 453500 + 73500 + 96040 + 73500 - 600500 = 96040 \text{ Н} \end{aligned}$$

Висновок: сумарне тягове зусилля на подолання тертя ковзання валів по картону становить 29 Н.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.5 Тягове зусилля на подолання тертя в поздовжніх ущільненнях валів з гідропідтримкою оболонки

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.

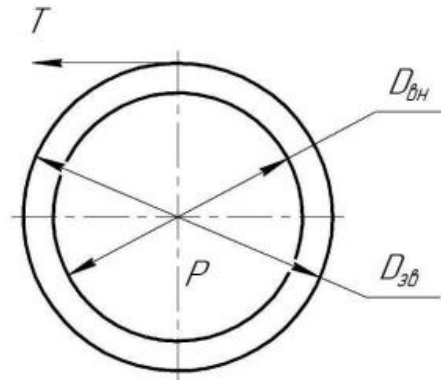


Рисунок 5.6 – Розрахункова схема тягових зусиль

Мета: визначення тягових зусиль, які виникають в торцевих ущільненнях валів з гідропідтримкою оболонки.

Вихідні дані:

довжина робочої поверхні оболонки В, м	4,25;
внутрішній діаметр вала , м	0,61;
зовнішній діаметр вала , м	0,75.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [11].

Третій та перший - вали з гідропідтримкою оболонки. В них, для запобігання витікання мастила, внутрішня камера має поздовжнє ущільнення.

Тому необхідно розрахувати тягове зусилля на подолання тертя в ущільненнях.

Периметр ущільнення:

$$\Pi = 2 \cdot ((d - dc) + B) = 2 \cdot ((0.61 - 0.56) + 4.25) = 8.6 \text{ м}$$

Тягове зусилля на здолання тертя в одному поздовжньому ущільненню:

$$T_{y1} = \Pi \cdot \delta \cdot f_y \cdot P_k \cdot \frac{D_{вн}}{D_{зв}} = 8.6 \cdot 0.06 \cdot 0.015 \cdot 0.4 \cdot 10^6 \cdot \frac{0.61}{0.75} = 2518 \text{ Н},$$

де δ – товщина ущільнення;

f_y – коефіцієнт тертя в ущільненні;

P_k – максимальний тиск в камері вала.

В кожному валі з гідропідтримкою оболонки є в наявності по два поздовжніх ущільнення, тому загальне тягове зусилля на подолання терті в поздовжніх ущільненнях:

$$T_5 = 2 \cdot 2 \cdot T_{y1} = 2 \cdot 2 \cdot 2518 = 10072 \text{ Н}$$

Висновок: під час розрахунку визначено сумарне тягове зусилля на здолаття тертя в поздовжніх ущільненнях валів з гідропідтримкою оболонки, яке дорівнює 10072 Н.

5.2.6 Тягове зусилля на подолання тертя в торцевих ущільненнях валів з гідропідтримкою оболонки

Мета: визначення тягових зусиль, які виникають в торцевих ущільненнях валів з гідропідтримкою оболонки.

Вихідні дані:

зовнішній діаметр торцевого ущільнення $d_{зв}$, м 0,66;

внутрішній діаметр ущільнення, $d_{вн}$ м 0,55;

діаметр вала D, м 0,75.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [11]

Тягове зусилля на подолання тертя в одному торцевому ущільненні:

$$T_{т1} = 0.3 \cdot (d_{зв}^2 - d_{вн}^2) \cdot P_k \cdot f \cdot \frac{d_{зв}}{D_v} = 0.3 \cdot (0.66^2 - 0.55^2) \cdot 0.4 \cdot 10^6 \cdot 0.01 \cdot \frac{0.66}{0.75} = 141 \text{ Н}$$

де f – коефіцієнт тертя торцевого ущільнення.

В конструкції валів з гідропідтримкою оболонки, кожний вал має два торцевих ущільнення, так як валів 2, то загальне тягове зусилля на подолання тертя в торцевих ущільненнях:

$$T_6 = 2 \cdot 2 \cdot 141 = 564 \text{ Н}$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: було визначено сумарне тягове зусилля на подолання тертя в торцевих ущільненнях валів, яке дорівнює 564 Н.

5.2.7 Розрахунок сумарних тягових зусиль

Мета: визначення сумарних тягових зусиль.

Сума всіх тягових зусиль:

$$\Sigma T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 = 11294 + 4830 + 510 + 29 + 10072 + 564 = 27299 \text{ Н}$$

Висновок: сумарне тягове зусилля дорівнює 27299 Н.

5.3 Розрахунок вала з гідропідтримкою сорочки

5.3.1 Розрахунок сорочки вала

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.7.

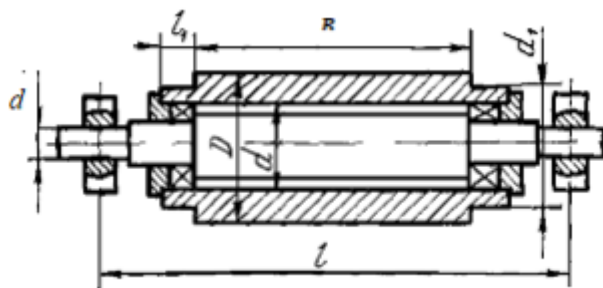


Рисунок 5.7 – Схема навантаження вала з гідропідтримкою сорочки

Мета: перевірка умови міцності сорочки верхнього та нижнього валів при робочих умовах.

Вихідні дані:

лінійний тиск q_l , кН/м	124
зусилля притискання верхнього вала $P_{пр1}$, кН	45.35
зусилля притискання нижнього вала $P_{пр2}$, кН	600.5
діаметр вала (зовнішній діаметр сорочки) D_l , м	0,55
внутрішній діаметр сорочки d_l , м	0,46
зовнішній діаметр шийки сорочки d_2 , м	0,35

довжина робочої поверхні сорочки B , м	4,5
відстань між опорами сердечника l , м	5,65
відстань між опорами сорочки l_1 ,м	4,78
довжина шийки сорочки l_2 ,м	0,15
межа плинності σ_m , МПа [1]	490
густина матеріалу сорочки вала ρ , кг/м ³ [1]	7790

Розрахунки виконуємо за методикою наведену в [1].

Небезпечним для сорочки є випадок відсутності тиску в камері валу.

Тоді вона може розглядатися як балка на двох опорах, навантажена по довжині прольоту рівномірним навантаженням. Величина цього навантаження дорівнює $q_l = 124$ кН/м.

Розрахунок ваги сорочки

Розраховуємо об'єм робочої частини сорочки:

$$V_1 = B \left(\frac{\pi D_1^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) = 4,5 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,55^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,46^2}{4} \right) = 0,379 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо об'єм шийок сорочки:

$$V_2 = 2l_2 \left(\frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) = 2 \cdot 0,15 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,35^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,46^2}{4} \right) = 0,016 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм сорочки:

$$V_c = V_1 + V_2 = 0,379 + 0,016 = 0,395 \text{ м}^3.$$

Визначаємо вагу сорочки:

$$P_c = g V_c \rho = 9,81 \cdot 0,395 \cdot 7790 = 30186 \text{ Н},$$

де $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

Зважаючи на те, що нижній та верхній вали з гідропідтримкою сорочки за параметрами однакові, то розрахунок буде для обох валів однаковий, а подальший розрахунок уже буде відрізнятися.

Реакції опор в підшипниках верхнього вала:

$$R = \frac{q_l B + P_{np1} - P_c}{2} = \frac{124000 \cdot 4,5 + 453500 - 30186}{2} = 490657 \text{ Н},$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент опору перетину сорочки:

$$W = 0,1 \frac{D_1^4 - d_1^4}{D_1} = 0,1 \cdot \left(\frac{0,55^4 - 0,46^4}{0,75} \right) = 14,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Згинаючий момент сорочки верхнього вала в небезпечному перерізі:

$$M = P \left(\frac{l_1}{4} - \frac{B}{8} \right) = 981314 \cdot \left(\frac{5,5}{4} - \frac{4,5}{8} \right) = 813954 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де P – навантаження що діє, на сорочку верхнього вала, Н.

Навантаження що діє, на сорочку нижнього вала:

$$P = q_{\text{л}} B + P_{\text{нр1}} - P_{\text{с}} = 124000 \cdot 4,5 + 453500 - 30186 = 981314 \text{ Н},$$

Напруження вигину:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{814 \cdot 10^3}{14,7 \cdot 10^{-3}} = 55,38 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження при вигині:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{n_t} = \frac{490}{3} = 163,3 \text{ МПа},$$

де $[n_t] = 2,5 \dots 3$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності [2].

Перевіряємо умову міцності при вигині:

$$[\sigma] \geq \sigma_p.$$

Підставивши, маємо:

$$163,3 \text{ МПа} > 55,38 \text{ МПа}.$$

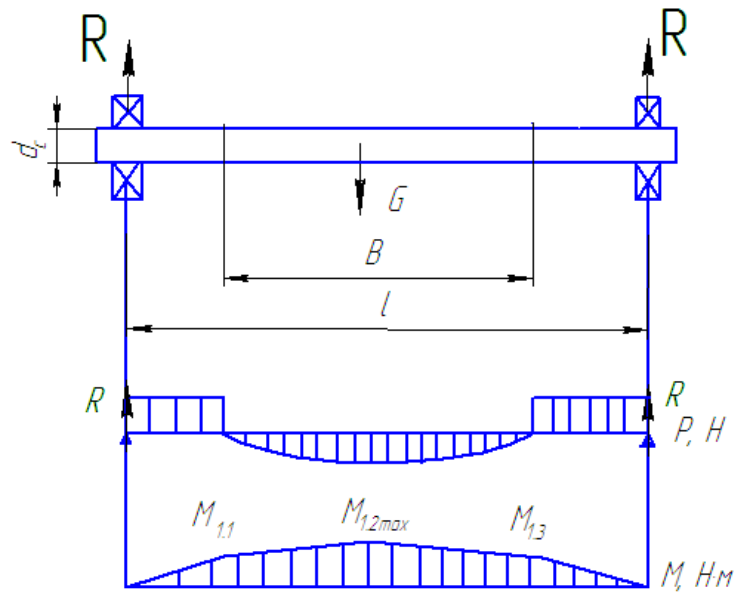
Умова міцності сорочки виконується.

Висновок: умова міцності виконується.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.2 Розрахунок сердечника

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.8.



5.8 – Схема навантаження сердечника

Мета: перевірка умови міцності та жорсткості сердечника верхнього і нижнього валів в робочих умовах.

Вихідні дані:

відстань між опорами сердечника l , м	5,65
довжина робочої поверхні сорочки B , м	4,5
максимальний лінійний тиск q_n , кН/м	124
діаметр сердечника d_{cp} , м	0,56
діаметр цапф сердечника d_u , м	0,3
межа плинності σ_m , МПа [1]	450
модуль пружності E , МПа [1]	$2,2 \cdot 10^5$
густина матеріалу сердечника вала ρ , кг/м ³ [1]	7820

Розрахунки виконуємо за методикою наведену в [2].

При роботі вала на його сердечник передається навантаження від тиску мастила в камері. Навантаження на підшипники, на яких сидить сорочка на сердечнику, практично дорівнює нулю, тому їх не враховуємо.

Розраховуємо об'єм сердечника:

$$V_{cp} = B \frac{\pi d_{cp}^2}{4} + (l - B) \frac{\pi d_{ш}^2}{4} = 4,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,56^2}{4} + (5,65 - 4,5) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 1,21 \text{ м}^3,$$

Визначаємо вагу сердечника:

$$P_{cp} = g \cdot V_{cp} \cdot \rho = 9,81 \cdot 1,21 \cdot 7820 = 92823 \text{ Н}.$$

Так як нижній і верхній вали з гідропідтримкою сорочки за параметрами однакові, то розрахунок що проведений вище буде для обох валів однаковий, а подальший розрахунок буде відрізнятися.

Реакції опор в підшипниках нижнього вала:

$$R_1 = \frac{q_{л} B + P_{np2} - P_c - P_{cp}}{2} = \frac{12400 \cdot 4,5 + 600500 - 30186 - 92823}{2} = 533291 \text{ Н},$$

де $P_{np2} = 600500 \text{ Н}$ – зусилля притискання верхнього вала,

$P_c = 30186 \text{ Н}$ – вага сорочки вала.

Максимальний згинальний момент посередині сердечника:

$$M = P \left(\frac{l}{4} - \frac{B}{8} \right) = 1066582 \left(\frac{5,65}{4} - \frac{4,5}{8} \right) = 906595 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де P – навантаження що діє, на сердечник нижнього вала, Н.

Навантаження що діє, на сердечник нижнього вала:

$$P = q_{л} B + P_{np2} - P_c - P_{cp} = 124000 \cdot 4,5 + 600500 - 30186 - 92823 = 1066582 \text{ Н}.$$

Момент опору сердечника:

$$W = 0,1 \cdot d_{cp}^3 = 0,1 \cdot 0,56^3 = 17,56 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Напруження вигину:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{1066582}{17,56 \cdot 10^{-3}} = 174919813 \text{ Па} = 60,74 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження:

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\sigma_m}{n_t} = \frac{343}{3} = 114,3 \text{ МПа},$$

де $[n_t] = 3$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності [2].

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряємо умову міцності при вигині, МПа:

$$[\sigma_{-1}] \geq \sigma_p$$

Підставивши дані, маємо:

$$114.3 \text{ МПа} \geq 60.74 \text{ МПа.}$$

Умова міцності нижнього вала виконується.

Максимальний прогин сердечника:

$$f_c = \frac{q_d \cdot B^3}{384 \cdot E \cdot I} (12 \cdot l - 7 \cdot B) = \frac{124000 \cdot 4,5^3}{384 \cdot 2,2 \cdot 10^{11} \cdot 50,6 \cdot 10^{-4}} (12 \cdot 5,65 - 7 \cdot 4,5) = 1,528 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

де E – модуль пружності, МПа;

I – момент інерції сердечника, м^4

$$I = 0,05 \cdot d_{cp}^4 = 0,05 \cdot 0,056^4 = 50,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

де d_{cp} – діаметр сердечника, м .

Перевіряємо умову жорсткості:

$$\frac{1}{3000} \geq \frac{f_c}{l}$$

Підставивши дані в умову жорсткості, маємо:

$$0,00033 \frac{\text{м}}{\text{м}} \geq 0,000297 \text{ м/м}$$

Умова жорсткості виконуються.

Висновок: умови міцності та жорсткості сердечника, нижнього і верхнього валів в робочих умовах виконуються.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згинальний момент в перерізі Ж-Ж:

$$M_{u3} = \frac{R_A C}{2} = \frac{300250 \cdot 0,25}{2} = 37531,25 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $C = 0,25$ м – відстань від підшипника до перерізу Ж-Ж.

Напруження при згинанні в перерізі Ж-Ж:

$$\sigma_{u3} = \frac{M_{u3}}{W_3} = \frac{37531,25}{2,7 \cdot 10^{-3}} = 3,9 \text{ МПа}.$$

Запас міцності вала в перерізі Ж-Ж:

$$\sigma_3 = \frac{(\sigma_{-1})_y \varepsilon_3}{\sigma_{u3} k_{\sigma 3}} = \frac{120 \cdot 0,7}{3,9 \cdot 1,5} = 14,36$$

де $\varepsilon_3 = 0,7$ – масштабний фактор для цапфи в перерізі Ж-Ж [15];

$k_{\sigma 3} = 1,5$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень від галтелі в перерізі Ж-Ж [15].

Умова міцності:

$$[\sigma] > \sigma_3,$$

де $[n] = 1,8 \dots 2,5$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності [14].

Підставляючи дані в умову міцності, маємо:

$$14,36 > 3,9,$$

Умова міцності виконується.

Висновок: умова міцності виконується, цапфи витримують навантаження.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Розрахунок потужності та вибір двигуна

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.10.

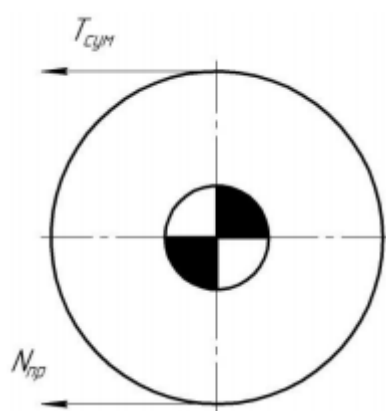


Рисунок 5.10 – Схема потужності приводу

Мета: розрахунок і визначення потужності приводу та вибір двигуна.

Вихідні данні:

- сума всіх тягових зусиль $\sum T_i, \text{Н}$ 27299
- робоча швидкість машинного каландра $V, \text{м/с}$ 8,9
- коефіцієнт корисної дії двигуна, η 0,945

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [1]

Потужність приводу каландру:

$$N_{\text{пр}} = \sum T_i V K_v K_m = 27299 \cdot 8,9 \cdot 1,067 \cdot 1,5 = 389 \text{ кВт}$$

де K_v – коефіцієнт, який показує вплив швидкості на коефіцієнт тертя;

$K_m = 1,5$ – коефіцієнт тимчасового перенавантаження.

Коефіцієнт який показує вплив швидкості на коефіцієнт тертя:

$$K_v = 1 + a (V - 200) = 1 + 0,0002 \cdot (534 - 200) = 1,067.$$

Необхідна потужність двигуна каландра:

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{пр}}}{\eta} = \frac{389}{0,945} = 412 \text{ кВт.}$$

Висновок: в результаті розрахунку визначено необхідну потужність двигуна каландра, яка дорівнює 412 кВт. З урахуванням перевантаження каландра вибираємо електродвигун постійного струму марки Cantoni

Sh500H10Ds який має такі характеристики: частота обертання $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$, номінальна потужність $N = 430 \text{ кВт}$.

5.6 Розрахунок та вибір підшипників

Розрахункову схему показано на рисунку 5.11.

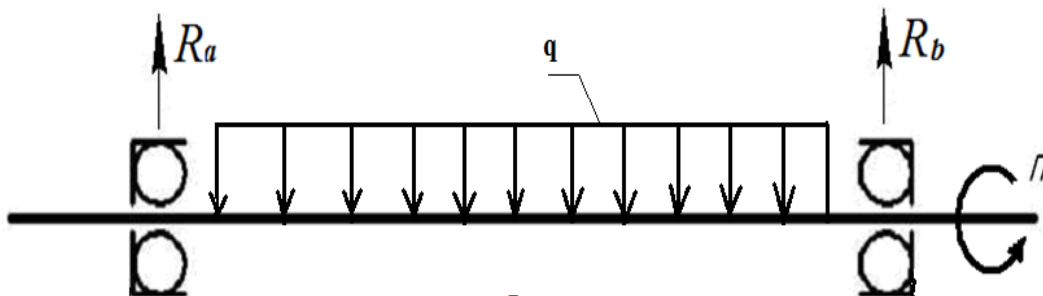


Рисунок 5.11 – Схема для розрахунку підшипників вала

Мета: визначити навантаження на підшипники та вибір підшипників для валів.

Вихідні дані:

максимальний лінійний тиск q_n , кН/м	98,4
швидкість КРМ V , м/с.	8,9
діаметр нижнього вала $D_{н.в}$, м	0,55
діаметр приводного вала $D_{пр.в}$, м	0,7
діаметр верхнього вала $D_{в.в}$, м	0,55
довжина робочої частини вала B , м	4,25
відстань між підшипниками нижнього вала $l_{н.в}$, м	5,65
відстань між підшипниками приводного вала $l_{пр.в}$, м	5,5
відстань між підшипниками верхнього вала $l_{в.в}$, м	5,65
коефіцієнт короточасних перевантажень досягає 150%, K_6	1,2
коефіцієнт експлуатаційної роботи підшипників $t < 100 \text{ }^\circ\text{C}$, K_T	1
коефіцієнт обертання, K_K	1
бажана довговічність підшипників $[L_h]$, год	15000

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [8].

Розрахунок реакцій в опорах нижнього вала.

Реакція в опорах:

$$R_a = R_b = \frac{q_d B + P_{пр.в}}{2} = \frac{124000 \cdot 4.25 + 600500}{2} = 563750 \text{ Н.}$$

Попередньо, за ГОСТ 5721 – 75, вибираємо підшипник кочення роликовий двохрядний радіально-сферичний № 3560, який має наступні характеристики: динамічна вантажопідйомність $C=16000000 \text{ Н}$; діаметр зовнішнього кільця $D_{\text{п}} = 0,54 \text{ м}$; діаметр внутрішнього кільця $d_{\text{п}} = 0,3 \text{ м}$; ширина підшипника $B_{\text{п}} = 0,14 \text{ м}$

Перевіряємо ресурс підшипників, попередньо прийнятих для опор нижнього вала каландра.

Приводне навантаження, що діє на один підшипник:

$$Q_{\text{пр}} = R_A (X K_K + 0,1 Y) K_T K_{\delta} = 563750 \cdot (1 \cdot 1 - 0,1 \cdot 0) \cdot 1 \cdot 1,2 = 676500 \text{ Н,}$$

де $X = 1$ – коефіцієнт радіального навантаження;

$Y = 0$ – коефіцієнт осьового навантаження.

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q_{\text{пр}}} \right) = \left(\frac{16000000}{676500} \right)^{10/3} = 236,51 \text{ млн.об.,}$$

Частота обертання вала:

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D_{\text{пр}}} = \frac{543}{3,14 \cdot 0,75} = 231 \text{ хв}^{-1},$$

Довговічність часова:

$$L_h = \frac{L^0}{60 \cdot n} = \frac{236500000}{60 \cdot 231} = 17064 \text{ год.}$$

Умова довговічності:

$$L_h > [L_h].$$

Підставивши дані в умову довговічності, маємо:

$$17064 \text{ год} > 15000 \text{ год.}$$

Умова довговічності виконується.

Висновок: в результаті даного розрахунку було визначено навантаження на підшипники та обрано підшипники для валів.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.7 Розрахунок шабера

Схема розташування центрів ваги елементів шабера показана на рисунку 5.12.

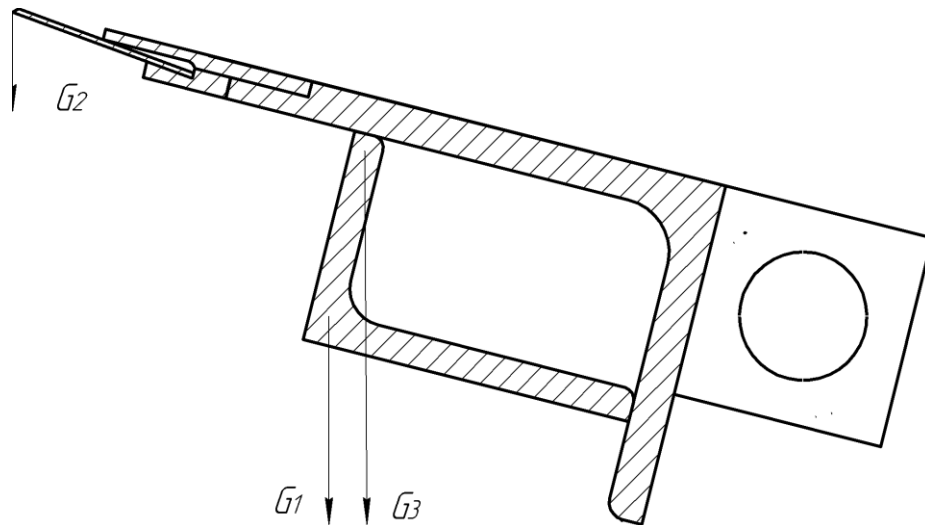


Рисунок 5.12 - Схема розміщення центрів ваги елементів шабера

Мета: розрахувати тиск, потрібний для притискання шаберу до валу каландра.

Розташування центрів ваги елементів шабера показане на рисунку 5.8.

Вихідні дані:

вага корпусу, Н, G_1	80
вага леза, Н, G_2	230
вага тримача, Н, G_3	180

Розрахунок шабера відповідно до [1]

Крутний момент від корпусу шаберу:

$$M_1 = G_1 \cdot l_1 = 80 \cdot 0,27 = 216 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $l_1 = 0,27$ м — відстань від осі обертання шаберу до центру маси корпусу шаберу.

Крутний момент від леза:

$$M_2 = G_2 \cdot l_2 = 230 \cdot 0,11 = 253 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Де $l_2 = 0,11$ м — відстань від осі обертання шаберу до центру маси леза.

Крутний момент від тримача:

$$M_3 = G_3 \cdot l_3 = 180 \cdot 0,14 = 231 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Де $l_3 = 0,14 \text{ м}$ — відстань від осі обертання шаберу до центру маси тримача.

Сумарний крутний момент від ваги:

$$\Sigma M = M_1 + M_2 + M_3 = 216 + 253 + 231 = 700 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Зусилля тиску шабера на вал:

$$F = \frac{\Sigma M}{H} = \frac{700}{0,3} = 2333 \text{ Н}$$

де $H = 0,3 \text{ м}$ — відстань від центра ваги шабера до точки дотику шаберу до вала.

Лінійний тиск шаберу на вал:

$$q = \frac{N}{L} = \frac{2333}{4,5} = 518,5 \text{ Н/м}$$

де $L = 4,5 \text{ м}$ — довжина лінії контакту шабера і вала, м.

Сила тертя шаберу по валу:

$$F_{mp} = N \cdot f = 2333 \cdot 0,3 = 700 \text{ Н}$$

де $f = 0,3$ — коефіцієнт тертя шаберу по валу.

Тиск повітря в камері:

$$P = \frac{F_{mp}}{0,2(D+d)^2} = \frac{700}{0,2(0,15+0,11)^2} = 51,8 \text{ кПа}.$$

Розрахунок зусилля притискання, необхідного для забезпечення рівномірної щільності намотування картонного полотна:

$$P_{пп} = \frac{q_{II} \cdot B + f \cdot (G_T + G_P) \cdot \frac{d_T}{D_P}}{f - \frac{2 \cdot f_K}{D_P}} = \frac{0,3 \cdot 10^3 \cdot 4,2 + 0,3(87600 + 25500) \cdot \frac{0,42}{2}}{0,3 - \frac{2 \cdot 0,02}{2}} = 29,95 \text{ кН}$$

де $f = 0,3$ — коефіцієнт тертя;

$f_K = 0,02 \text{ м}$ — коефіцієнт тертя-кочення;

$D_P = 2 \text{ м}$ — діаметр намотаного рулону.

Для подальшого розрахунку приймаю $P_{пп} = 30 \text{ кН}$.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо лінійний тиск q_L , що створюється в захваті:

$$q_L = \frac{P_{\text{ПР}}}{B} = \frac{30}{4,2} = 7,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}} ;$$

Зусилля притискання каландрового валу, необхідні для забезпечення рівномірної щільності картонного полотна $P_{\text{ПР}} = 30 \text{ кН}$:

Зусилля на штоку, яке необхідне для притискання валу:

$$F_{\text{ш}} = \frac{P_{\text{ПР}} \cdot a}{b} = \frac{30 \cdot 0,78}{0,52} = 45 \text{ кН}.$$

Діаметр поршня :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ш}}}{2 \cdot \pi \cdot p_{\text{нов}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 45 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6}} = 0,239 \text{ м} ,$$

де $p_{\text{нов}} = 0,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – тиск повітря в пневмо камері,.

Приймаю діаметр поршня $d = 0,25 \text{ м}$.

Висновок: було розраховано тиск потрібний для притискання шаберу до вала каландра, який дорівнює $51,8 \text{ кПа}$.

5.8 Розрахунок зусиль притискання

5.8.1 Розрахунок зусилля притискання верхнього вала каландру

Схема механізму притискання показана на рисунку 5.13.

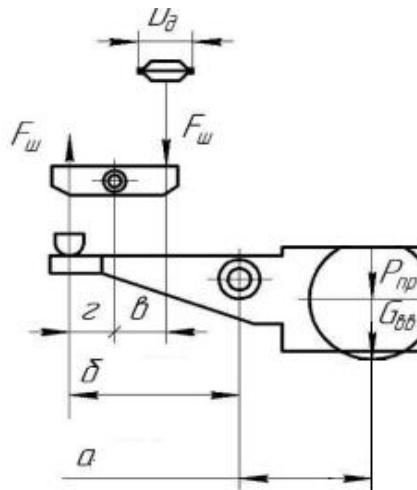


Рисунок 5.13 - Схема розміщення центрів ваги елементів шабера

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Мета: визначення необхідного діаметра мембрани притискного механізму.

Вихідні дані:

лінійний тиск $P_{\text{л}}$, Н/м	124000
ширина робочої поверхні вала B , м	4,25
вага верхнього вала $G_{\text{вв}}$, Н	73500
довжина плеча збоку рухомого валу a , м	0,65
довжина плеча збоку мех. притискання b , м	0,76

Розрахунок здійснено за методикою, викладеною в [5].

Для створення заданого лінійного тиску $P_{\text{л}}$ в захваті каландра до цапф рухомого валу, який створює тиск, необхідно прикласти певні зусилля $P_{\text{пр}}$.

Зусилля притискання верхнього валу:

$$P_{\text{пр1}} = q_{\text{л}} \cdot B - G_{\text{вв}} = 124000 \cdot 4,25 - 73500 = 453500 \text{ Н} = 453,5 \text{ кН},$$

Сила притискання пневматичного механізму:

$$F_{\text{п}} = \frac{P_{\text{пр}} \cdot a}{b \cdot \eta} = \frac{453500 \cdot 0,65}{0,76 \cdot 0,96} = 404023 \text{ Н},$$

де $\eta = 0,95 \dots 0,98$ - ККД механізму притискання.

Сила притискання на одну цапфу:

$$F'_{\text{п}} = 0,5 \times F_{\text{п}} = 0,5 \times 404023 = 202012 \text{ Н}$$

де $F_{\text{п}}$ – загальна сила притискання збоку пневматичного механізму, Н.

Діаметр мембрани:

$$D_{\text{м}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F'_{\text{п}}}{\pi \cdot P_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 202012}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,655 \text{ м},$$

де $F'_{\text{п}}$ – сила притискання на одну цапфу збоку пневматичного механізму, Н;

$P_{\text{п}} = 0,6 \times 10^6 \text{ Па}$ - тиск повітря,

Висновок: встановлено, що необхідний діаметр мембрани повинен дорівнювати 0,655 м для встановлення заданого лінійного тиску в захваті верхнього вала каландра.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.8.2 Розрахунок зусилля притискання нижнього вала каландру

Мета: визначення необхідного діаметра мембрани притискного механізму виходячи з розрахованого лінійного тиску в захваті нижнього вала каландру.

Вихідні дані:

лінійний тиск $P_{\text{л}}$, Н/м	124000
ширина робочої поверхні вала B , м	4,25
вага нижнього вала $G_{\text{нв}}$, Н	73500
довжина плеча збоку рухомого валу a , м	0,65
довжина плеча збоку пневм.мех. притискання b , м	0,76

Розрахунок здійснено за методикою, викладеною в [5].

Для створення заданого лінійного тиску $P_{\text{л}}$ в захваті каландра до цапф рухомого валу, який створює тиск, необхідно прикласти певні зусилля $P_{\text{пр}}$.

Зусилля притискання нижнього валу:

$$P_{\text{пр2}} = q_{\text{л}} \cdot B + G_{\text{нв}} = 124000 \cdot 4,25 + 73500 = 600500 \text{ Н} = 600,5 \text{ кН. (5.8.1)}$$

Сила притискання пневматичного механізму:

$$F_{\text{п}} = \frac{P_{\text{пр}} \cdot a}{b \cdot \eta} = \frac{600500 \cdot 0,65}{0,76 \cdot 0,96} = 534985 \text{ Н, (5.8.2)}$$

де $\eta = 0,95 \dots 0,98$ - ККД механізму притискання.

Сила притискання на одну цапфу:

$$F'_{\text{п}} = 0,5 \cdot F_{\text{п}} = 0,5 \cdot 534985 = 267493 \text{ Н, (5.8.3)}$$

де $F_{\text{п}}$ – загальна сила притискання збоку пневматичного механізму, Н.

Діаметр мембрани:

$$D_{\text{м}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F'_{\text{п}}}{\pi \cdot P_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 267493}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,754 \text{ м, (5.8.4)}$$

де $F'_{\text{п}}$ – сила притискання на цапфу збоку пневматичного механізму, Н;

$P_{\text{п}} = 0,4 \times 10^6 \text{ Па}$ - тиск повітря.

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що необхідний діаметр мембрани повинен дорівнювати 0,754 м для встановлення заданого лінійного тиску в захваті нижнього вала каландру.

5.9 Розрахунок станини

Розрахункова схема показана на рисунку 5.14.

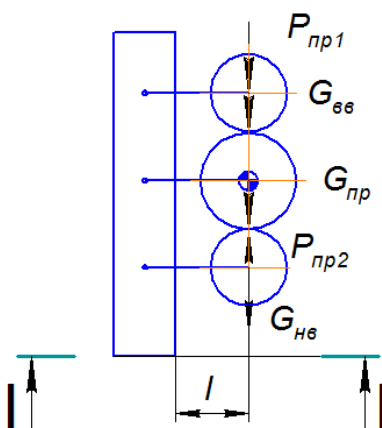


Рисунок 5.14 – Схема навантаження станини

Мета: перевірка станини за умовами міцності.

Вихідні дані:

зусилля притискання верхнього вала $P_{пр1}$, Н	453500
зусилля притискання нижнього вала $P_{пр2}$, Н	600500
вага верхнього вала $G_{вв}$, Н	73500
вага приводного вала $G_{пр}$, Н	96040
вага нижнього вала $G_{нв}$, Н	73500
відстань від центру вала до станини l , м	0,7

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [2].

В перерізі станини розміщені 2 профільні труби, квадратної форми. Вибираємо трубу з розмірами 200x200x16.

Момент опору однієї труби $W = 639 \text{ см}^3$.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згинальний момент в перерізі I-I:

$$M_{зг} = \sum P \cdot l = 96040 \cdot 0,7 = 67228 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

де $\sum P$ – сумарне навантаження, Н.

$$\sum P = P_{пр1} + G_{вв} + G_{пр} + G_{нв} - P_{пр2} = 453500 + 73500 + 96040 + 73500 - 600500 = 96040 \text{ Н}$$

Напруження при згинанні в перерізі I-I:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{2 \cdot W} = \frac{67228}{2 \cdot 639 \cdot 10^{-6}} = 52,6 \text{ МПа}.$$

Для сталі марки 15ХМ труби, ГОСТ 8731-87, межа плинності $\sigma_m = 225 \text{ МПа}$.

$$[\sigma_{-1}] = \frac{\sigma_m}{n_t} = \frac{225}{3} = 75 \text{ МПа},$$

де $[n_t] = 2,5 \dots 3$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності [2].

Перевіряємо умову міцності при вигині, МПа:

$$[\sigma_{-1}] \geq \sigma_u$$

Підставивши дані в умову міцності, маємо:

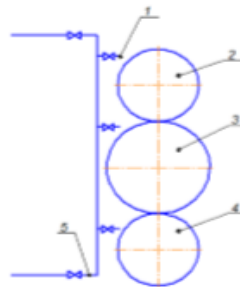
$$75 \text{ МПа} \geq 52,6 \text{ МПа}.$$

Умова міцності станини виконується.

Висновок: для станини умова міцності виконується.

5.10 Розрахунок охолодження валів каландра

Розрахункова схема показана на рисунку 5.15.



1 – сприски, 2 – верхній вал, 3 – приводний вал, 4 – нижній вал,

5- трубопровід

Рисунок 5.15 – Розрахункова схема сприсків валів каландра

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мета: визначення кількості сопел, які необхідні для охолодження валів каландра.

Вихідні дані:

Потужність двигуна N , кВт	430
ККД двигуна	0,96
Діаметр сопла d, м	0,035
Швидкість повітря Wп ,м/с	27
Густина повітря , кг/м3	1,247
Питома теплоємність води , кДж/(кг·К)	1005

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [2].

Кількість тепла, кВт:

$$Q = 0,8N10^3\eta = \alpha F \Delta t,$$

Тоді:

$$0,8N10^3\eta = \alpha F \Delta t$$

Звідки витрати повітря:

$$F = \frac{0,8N10^3\eta}{C\Delta t\rho} = \frac{0,8\cdot430\cdot10^3\cdot0,96}{1005\cdot85\cdot1,247} = 2,1 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Загальні витрати повітря:

$$V = 45 \cdot l_{\pi} = 45 \cdot 2.1 = 94.5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Площа сопла:

$$f_c = \frac{V}{60W} = \frac{94.5}{60\cdot27} = 0,052 \text{ м}^2$$

Число сопел:

$$n = \frac{4f_c}{\pi d^2} = \frac{4\cdot0.052}{3.14\cdot0.035^2} = 54$$

Висновок: було визначення кількості сопел $n = 54$, які необхідні для охолодження вала каландра.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.11 Розрахунок результуючої температури картонного полотна внаслідок його нагріву інфрачервоною лампою

Розрахункова схема показана на рисунку 5.16.

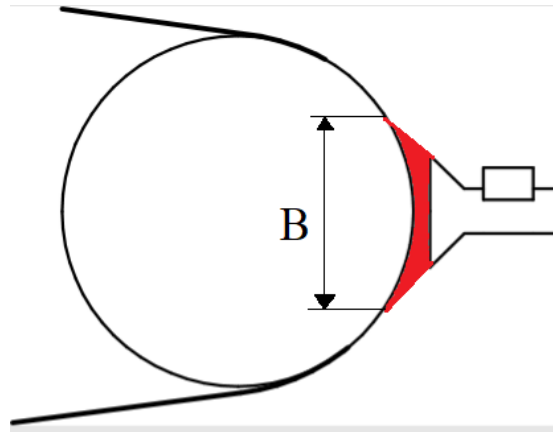


Рисунок 5.15 – Розрахункова схема нагрівання інфрачервоною лампою.

Мета: розрахувати температуру картонного полотна, що нагрівається в результаті від випромінювання інфрачервоної лампи.

Вихідні дані:

Модель інфрачервоної лампи – BE1350

Температура полотна початкова, °C 55

Потужність інфрачервоної лампи, Вт 5100

Температура поверхні лампи, °C 650

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [18].

Площа нагріву:

$$S = \frac{\pi DB}{6} = \frac{3.14 \cdot 0.75 \cdot 0.5}{6} = 0.2 \text{ м}^2.$$

Кількість теплоти:

$$Q = \frac{W}{S} = \frac{5100}{0.2} = 25500 \text{ Дж.}$$

Виходячи з закону Стефана-Больцмана маємо:

$$Q = \varepsilon \sigma \left(\left(\frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{к}}}{100} \right)^4 \right),$$

звідси виразимо T_{κ} :

$$T_{\kappa} = 100 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{T_{\pi}}{100}\right)^4 - \frac{Q}{\varepsilon \sigma}} = 100 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{650}{100}\right)^4 - \frac{25500}{0.9 \cdot 5.67}} = 61^{\circ}\text{C}$$

Висновок: кінцева температура картонного полотна в результаті нагрівання під дією випромінювання інфрачервоної лампи складає 61 °С.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації, щодо експлуатації та монтажу машинного каландра

6.1 Рекомендації по монтажу

Справна робота машинного каландра КРМ залежить від таких чинників: точності монтажу, балансування, налагоджування процесу. Під час розробки технічної документації на машинний каландр роблять спеціальну монтажну документацію яка відповідає стандарту ОСТ-26-08-2017-2003. Вимоги до машинного каландру з експлуатації, монтажу та ремонту наведені у складальних кресленнях та окремих вузлах.

Вимоги до монтажу каландра:

1. Монтажні роботи необхідно провести у відповідності до вимог технічної документації, в якій наведені технологічні особливості каландра:
 - монтажні складальні креслення;
 - монтажні установчі креслення;
 - технічні вимоги до машини від виробника.
2. Встановлення окремих частин обладнання виконують з певною послідовністю, яка наведена в монтажній документації.
3. Для монтажу обладнання та його обслуговування, в цеху в якому буде знаходитися обладнання потрібно встановити козловий кран, вантажопідйомність якого повинна бути не менше 15-20 т.
4. Блоки, які закріплені на крюках підйомного крана необхідно надійно закріплювати, а також:
 - стропи в першу чергу призначені для забезпечення стійкості блоків під час переміщення вантажу;
 - стропи, які розташовані на блоках повинні бути без вузлів;
 - на блоках під гострі ребра необхідно розташувати прокладки, для уникання перетирання та перегинів.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Під час експлуатації машинного каландра повинні виконуватися правила техніки безпеки та інструктажі, які надають працюючому персоналу на виробництві.
6. Блоки треба оглянути перед самим монтажем для того, щоб можна було встановити наявність чи відсутність ушкоджень, а також обов'язково перевірити відповідність фундаменту до вимог креслення.

6.2 Рекомендації по експлуатації

Перед запуском машинного каландра необхідно виконувати такі дії:

1. Оглянути каландр та упевнитися у відсутності сторонніх предметів, які можуть знаходитися між валами, на площадках для обслуговування, поряд з каландром.
2. Перевірити канатикову заправку.
3. Перевірити справність двигуна.
4. Оглянути кріплення валів, механізм притискання, колектори охолодження та огорожу.
5. Упевнитися у справності датчика, який контролює полотно під час його надходження на перший захват каландра.
6. Встановити всі шабери в своє робоче положення .
7. Перевірити механізми притискання валів при незначному тиску повітря у камері.
8. Оглянути сопла обдування валів.
9. Подати мастило в камери валів з гідропідтримкою та перевірити герметизацію камери, щоб мастило не витікало.

Для надійної, правильної та тривалої роботи установки необхідно дотримуватися планових ремонтних робіт згідно графіку, що дозволить підтримувати каландр в справному стані під час всього терміну експлуатації.

Каландр необхідно зупиняти декілька разів на місяць для того, щоб провести планове технічне обслуговування тривалістю по 5-7 годин. Також

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

кожен рік каландр потрібно зупиняти на 2-3 дні для того, щоб провести середній ремонт. Також у разі необхідності виконують аварійний ремонт, якщо було виявлено несправності чи порушено правила експлуатації.

Планово-попереджувальний ремонт, це основний вид ремонтних робіт, який виконується під час планових робіт з технічного обслуговування установки. Мета ремонту – огляд обладнання, заміна зношених деталей чи вузлів для того, щоб своєчасно попередити поломку деталей та уникнути аварійний ремонт установки, забезпечити безперебійну експлуатацію обладнання. Під час планових ремонтних робіт деталі та окремі вузли можна замінювати якщо вони цього потребують. Капітальний ремонт машинного каландра проводять кожні 5 років, для цього установку зупиняють до 30 днів.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – це встановлення окремих положень та їх застосування з метою досягнення необхідного ступеня упорядкування діяльності в певній сфері. Ці дії спрямовані зокрема для досягнення оптимальної економії, підвищення ступеня якості продукції при дотриманні обов’язкових вимог техніки безпеки. В цьому документі встановлені положення щодо розробки, експлуатації, процесу виробництва, зберігання продукції та її реалізації.

Уніфікація – приведення різних видів продукції до одної системи, приведення засобів виробництва до оптимальної економії. Раціональне скорочення кількості об’єктів, які виконують однакову функцію. Мета уніфікації полягає в усуненні різних виробів однакового призначення, приведення до єдиної системи та форми виготовлення цієї продукції, зборки, реалізації.

Модернізована конструкція машинного каландра КРМ для каландрування картонного полотна в цьому проекті була спроектована на основі вже існуючого аналогу. Ця модернізована установка складається з стандартних та уніфікованих виробів чи вузлів, які вже були випробовані та використані на різних виробництвах й добре себе проявили під час експлуатації.

У проекті були використані такі стандартні та уніфіковані вироби:

1. Труби ГОСТ 8765-78;
2. Болти ГОСТ 7796-70, ГОСТ 7798;
3. Гвинти ГОСТ 1491, ГОСТ 17473, ГОСТ 10336, ГОСТ 17478;
4. Манжети ГОСТ 8752-79;
5. Шайби ГОСТ 10450-78, ГОСТ 11371-78;
6. Гайки ГОСТ 5927, ГОСТ 15521-70;
7. Рим-болт ГОСТ 4751-73
8. Підшипники за ГОСТ 8338-75, ГОСТ 28428-90;
9. Шплінти ГОСТ 397-79;
10. Шпильки ГОСТ 22034, ГОСТ 22042-76;
11. Шпонки за ГОСТ 9798, ГОСТ 23360-78.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{cm} = \frac{n_{cm}}{n} \cdot 100\% = \frac{83}{237} \cdot 100\% = 35,02\%$$

де $n_{cm} = 83$ – кількість стандартних деталей та виробів;

$n = 237$ – загальна кількість деталей;

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_y}{n} \cdot 100\% = \frac{96}{237} \cdot 100\% = 40,5\%$$

де $n_y = 96$ – кількість стандартних деталей та виробів.

За результатами розрахунків ми з'ясували що модернізована конструкція стандартизований 35,02% та уніфікований 40,5%, що допомогло спростити конструкцію останнього та дало можливість спростити технологічні процеси виготовлення окремих деталей, а отже і знизити його вартість.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Очікуванні техніко-економічні показники

Модернізація машинного каландра з розробкою інфрачервоної лампи, яка нагріває паперове полотно і сам вал в умовах діючого ПАТ «Київського картонно-папероробного комбінату (Київський КПК)»

8.1 Обґрунтування необхідності модернізації устаткування

Виробництво картону та паперу відіграє важливу роль у повсякденному житті. Сьогодні готова продукція користується великим попитом та використовується майже у всіх сферах.

Перед промисловістю на даний момент часу ставляться задачі не тільки збільшити продуктивність випуску готової продукції, а також і підвищити її якість.

Машинний каландр це невід'ємна частина КРМ, від процесу каландрування залежить якість паперу. Каландр необхідний для досягнення оптимальних показників гладкості, лоску, об'ємної маси, рівномірної товщини по всій ширині полотна. Головний параметр картону після процесу.

На процесу каландрування впливають такі показники як: лінійний тиск у захваті між валами, кількість захватів, час каландрування, температура валів та вологість полотна. Всі ці параметри можна відносити до головних параметрів, які безпосередньо впливають на процес каландрування і впливають на якість отриманого картонного полотна. Найбільш важливим параметром при каландруванні є лінійний тиск, чим більший тиск тим більша гладкість картону.

Після аналізу та порівняння сучасних конструкцій машинних каландрів КРМ, які розроблюються та модернізуються останні роки, а також порівнюючи їх основні питомі показники ми приходимо до висновку, що деякі вузли конструкцій машинних каландрів застаріли і є необхідність провести модернізацію для вдосконалення якості отримуваної продукції та збільшення продуктивності.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показники, які характеризують базову конструкцію та показники модернізованої конструкції наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 Основні техніко-економічні показники базової та модернізованої конструкцій машинного каландру.

Показники	Модернізована конструкція	Базова конструкція
Продуктивність, т/рік	407885	374490
Кількість валів, шт	3	6
Лінійний тиск, кН/м	124	190
Обрізна ширина картону, м	4.2	4.2
Максимально можлива гладкість, с	40	50
Наявність валів з полімерним покриттям	є	немає
Потужність приводу, кВт	430	520
Тривалість ремонтного циклу, міс.	5	7
Загальна маса обладнання, кг	85500	56000

Науковий керівник: _____

Гробовенко Я. В.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2 Розрахунок додаткових витрат на модернізацію

Мета: визначення додаткових витрат на модернізацію машинного каландра.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [12].

Елементи для модернізації каландру будуть замовлені у постачальника ООО «ТПП Тепломонтаж» та на «Коростенському заводі хімічного машинобудування ХІММАШ».

Витрати на придбання елементів обладнання, які виготовляє на замовлення інше підприємство представленні в таблиці 8.2

Матеріал	Марка	Чиста маса, т	<u>Коеф.</u> <u>викорис-</u> <u>тання</u>	Чорнова маса, т	Ціна за т., грн.	Сума, грн.
Інфрачервона лампа	BE1350	0,023	-	-	-	24850
Двигун	<u>Cantoni</u> Sh500H10Ds	6,4	0,95	-	-	13500
<u>Чугун</u>	СЧ24-44	11,8	0,95	12	6800	75400
Сталь	Ст3	4,95	0,95	5	7450	37250
Сталь	45Х ГОСТ 1050	19,9	0,95	20	9590	191800
Вартість матеріалів						342800
Транспортно – заготівельні витрати (7% від вартості матеріалу)						23996
Вартість відходів (5% від вартості матеріалу)						17140
Загалом враховані матеріали, грн						182100
Інші невраховані матеріали (9% від вартості врахованого матеріалу)						16389
Сума на матеріали, М						198490

Таблиця 8.2 - Витрати на елементи обладнання.

Основна заробітна плата виробничих робітників:

$$З_{\text{осн}} = C_{\text{т.ср.}} \cdot T_{\text{н}} = 4 \cdot 72.1 = 288.5 \text{ грн/чол.}$$

де $T_{\text{н}}$ – нормативна трудомісткість виготовлення нової машини, год.;

$C_{\text{т.ср.}} = 4$ – тарифна ставка середнього розряду, грн., [8]).

Нормативну трудомісткість виготовлення машини визначаємо за допомогою питомої трудомісткості виготовлення одиниці маси базового устаткування за формулою:

$$T_{\text{н}} = \frac{T_{\text{Б}} \cdot G_{\text{М}}}{G_{\text{Б}}} = \frac{110 \cdot 56000}{85500} = 72.1$$

де: $T_{\text{Б}}=110$ норма годин трудомісткість виготовлення базового обладнання;

$G_{\text{Б}}, G_{\text{М}}$ – маса відповідно базового і модернізованого обладнання;

Таким чином заробітна плата усіх задіяних в день робітників складає:

$$\sum Z_{\text{осн}} = n Z_{\text{осн}} = 3 \cdot 288.5 = 865.5 \text{ грн}$$

Собівартість розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} C_{\text{н}} &= \left\{ \left[M + \sum Z_{\text{осн}} \left(1 + \frac{P}{100} \right) + Z_{\text{осн}} \frac{\alpha}{100} \right] \left(1 + \frac{\eta}{100} \right) \right\} + \frac{Z_{\text{пр}}}{N} = \\ &= \left\{ \left[198490 + 865.5 \left(1 + \frac{210}{100} \right) + 865.5 \frac{100}{100} \right] \left(1 + \frac{2}{100} \right) \right\} + \frac{15000}{1} = 218495 \text{ грн} \end{aligned}$$

де M – витрати на матеріали, напівфабрикати та покупні вироби, грн.;

P – витрати на експлуатацію та обслуговування устаткування, цехові та загальнозаводські витрати у відсотках до основної заробітної плати виробничих робітників; згідно [12] вони становлять 180–230 % від основної заробітної плати виробничих робітників, приймаємо $P=210\%$;

α – додаткова заробітна плата та нарахування згідно 8 становить 90–110 % від основної заробітної плати, приймаємо $\alpha=100\%$;

η – позавиробничі витрати у відсотках до загальнозаводської собівартості згідно [12] складають 1,5–2,5%, приймаємо $\eta=2\%$;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зпр.= 15000 грн - витрати на проектні роботи;

N=1 – число модернізуючих машин.

Вартість потрібного обладнання приведена з електронного прайс-листа ПАТ „Петрозаводской завод бумагоделательного машиностроения” на початок дипломування.

- для базового:

$$\Pi_{\text{БВ.М}} = 2100000 \text{ грн}$$

- для модернізованого:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{МВ.М}} &= \Pi_{\text{БВ.М}} - K_{\text{реал}} + M + G_{\text{Б}} = 2100000 - \\ &- 310000 + 198490 + 218495 = 2206985 \text{ грн} \end{aligned}$$

де M = 164700 грн – загальна сума витрат на матеріали;

$K_{\text{реал}}$ - кошти отримані від продажу частини обладнання, яка підлягла модернізації. Розрахунок ведеться за ціною 20-40% від вартості обладнання яке продається [12]. Приймаємо N = 40% . Оскільки ми продаємо 3 вала, придбані за ціною 310000 грн., то підставляючи дані в формулу, отримаємо:

$$K_{\text{реал}} = \frac{(\Pi_{\text{М}} \cdot m) \cdot N}{100} = \frac{310000 \cdot 3 \cdot 40}{100} = 372000 \text{ грн}$$

де m = 3 шт - кількість валів, що продається;

$\Pi_{\text{М}} = 310000$ грн – вартість обладнання, що продається.

Витрати на складально-монтажні роботи:

Витрати на складально-монтажні роботи розраховують у відсотках від ціни обладнання (10...14 %). Приймаємо 10 %, у відповідності з [12], тоді:

$$K_{\text{ДМ.М}} = \Pi_{\text{МВ.М}} \cdot \frac{10}{100} = 2206985 \cdot \frac{10}{100} = 220698,5 \text{ грн}$$

де Π – вартість придбання зразка обладнання.

Додаткові витрати на модернізацію:

$$\Delta K = M + K_{\text{ДМ.М}} + Z_{\text{Б}} = 198490 + 220698,5 = 419189 \text{ грн}$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $З_Б = 0$ це затрати на будівлю, оскільки після модернізації не знадобилась додаткова площа.

Висновок в результаті даного розрахунку було визначено додаткові витрати на модернізацію каландра машинного.

8.3 Розрахунок техніко – економічних показників до і після модернізації обладнання

Мета: визначення техніко-економічних показників до і після модернізації каландра машинного. Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [12]

Витрати КВП і автоматику за даними підприємства-виробника складає 10% від вартості обладнання [12]. Тоді для базового обладнання:

$$K_{C.B} = Ц_{БВ.М} \cdot \frac{10}{100} = 2100000 \cdot \frac{10}{100} = 210000 \text{ грн}$$

Для модернізованого обладнання:

$$K_{C.M} = Ц_{МВ.М} \cdot \frac{10}{100} = 2206985 \cdot \frac{10}{100} = 220698,5 \text{ грн}$$

Витрати на виробничі будови обчислюють за формулою:

$$K_{б\gamma\delta} = K_{б\gamma\delta Б} = K_{б\gamma\delta М} = Ц_{б\gamma\delta} S \eta = 500 \cdot 30 \cdot 1.5 = 22500 \text{ грн}$$

де $K_{б\gamma\delta}$ - витрати на виробничі споруди;

$S = 30 \text{ м}^2$ – площа машини (в плані);

$\eta = 1.5$ – коефіцієнт який враховує додаткову площу (на проходи, службові приміщення та інші).

$$Ц_{б\gamma\delta} = 500 \frac{\text{грн}}{\text{м}^2} - \text{питома вартість виробничої площадки по даним}$$

Київського КПК.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Капітальні витрати на базове обладнання:

$$K_B = C_B + C_{CM} + C_{DM} + K_C + K_{б\ddot{y}\ddot{d}} = 2100000 + 125000 + \\ + 210000 + 22500 + 175000 = 2632500 \text{ грн}$$

де $C_{CM} = 125000$ грн - вартість суміжного обладнання визначено за даними «Київського КПК».

Капітальні затрати на модернізоване обладнання:

$$K_M = K_B + \Delta K - K_{real} = 2632500 + 419189 - 372000 = 2679689 \text{ грн}$$

Номінальний фонд:

$$F_H = ShD = 3 \cdot 8 \cdot 365 = 8760 \text{ год}$$

де $S = 3$ - кількість змін роботи (кількість змін прийнята для цілодобового виробництва);

$h = 8$ год – тривалість робочої зміни;

$D = 365$ днів – кількість робочих днів на рік;

Дійсний річний фонд часу роботи базового обладнання:

$$F_{gM} = F_H \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) = 8760 \cdot \left(1 - \frac{4}{100}\right) = 8410 \text{ год}$$

де $\delta = 4$ % відсоток часу простою машини при планово-попереджувальному ремонті до номінального фонду часу.

Річна продуктивність для базового обладнання:

$$Q_{P.B} = Q_{GB} F_g = 45 \cdot 8322 = 374490 \text{ кг/рік,}$$

де $Q_{GB} = 45$ к/год - годинна продуктивність базового обладнання.

Річна продуктивність для модернізованого обладнання:

$$Q_{P.M} = Q_{GM} F_g = 48,5 \cdot 8410 = 407885 \text{ кг/рік,}$$

де $Q_{GM} = 48,5$ к/год – годинна продуктивність модернізованого обладнання.

Поточні витрати розраховуються за рік по статтям:

1. Заробітна плата:

Витрати на оплату праці основних працівників, які обслуговують базового обладнання:

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_B = \sum t_c F_g \eta_g = 3 \cdot 10,7 \cdot 8322 \cdot 1,4 = 373990.68 \text{ грн.}$$

де $m=3$ – кількість основних працівників (середнього IV розряду), що обслуговують обладнання;

$t_{ci}= 10,7$ грн/год – годинна тарифна ставка робочого за даними підприємства ККПК на початок дипломування;

F_g – дійсний річний фонд часу, год;

$\eta_g=1,1...1,4$ – коефіцієнт, додаткової заробітної плати, приймаємо $\eta_g=1,4$.

Витрати на оплату праці основних працівників, які обслуговують модернізоване обладнання:

$$C_M = \sum t_c F_g \eta_g = 3 \cdot 10.7 \cdot 8410 \cdot 1,4 = 377945 \text{ грн.}$$

2. Нарахування на заробітну плату:

Нарахування на заробітну плату становить 38% єдиного соціального внеску.

Для базового обладнання:

$$H_{зп.б} = 0.38C_B = 0.38 \cdot 373991 = 139452 \text{ грн}$$

Для модернізованого обладнання:

$$H_{зп.м} = 0.38C_M = 0.38 \cdot 377945 = 143612 \text{ грн}$$

3. Витрати на електроенергію:

Ці витрати залежать від потужності встановлених на обладнанні електродвигунів, ступеня їх використання .

Для базового обладнання:

$$C_{EE} = N_y F_g K_B K_M C_e = 520 \cdot 8410 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,47 = 1321884 \text{ грн/рік,}$$

де $N_y=520$ кВт для базового ($N_y=430$ кВт для модернізованого) обладнання - сумарна встановлена потужність електродвигунів;

$K_B= 0,7...0,8$ – коефіцієнт, що враховує використання двигунів протягом робочого дня, приймаємо $K_B = 0,8$;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$K_M = 0,7...0,9$ - коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності електродвигунів машини, приймаємо $K_M = 0,9$;

$C_e = 0,47$ – тариф на 1 кВт год електроенергії, грн/кВт.

Для модернізованого обладнання:

$$C_{EM} = N_y F_g K_B K_M C_e = 430 \cdot 8410 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,47 = 1223755.92 \text{ грн/рік.}$$

4. Витрати на утримання і ремонт:

Витрати на утримання і ремонт визначають у відсотках від його вартості (за даними базового підприємства):

- 2,4% будівель та споруд,
- 8% обладнання,
- 10% інструменти, засоби автоматизації.

Витрати на утримання і ремонт для базової та модернізованого обладнання:

$$C_{P.C.B} = C_{P.C.M} = K_{б\text{уд}} \cdot \frac{2.4}{100} = 22500 \cdot \frac{2.4}{100} = 540 \text{ грн}$$

5. Витрати на ремонт обладнання:

- для базового обладнання:

$$C_{P.C.B} = K_{c.B} \cdot \frac{8}{100} = 210000 \cdot \frac{8}{100} = 16800 \text{ грн}$$

- для модернізованого обладнання:

$$C_{P.C.M} = K_{c.M} \cdot \frac{8}{100} = 220698.5 \cdot \frac{8}{100} = 17656 \text{ грн}$$

7. Амортизаційні відрахування по обладнанню:

- для базового обладнання:

$$\begin{aligned} A_{облБ} &= (C_{cm} + K_{дм.Б}) \cdot \frac{\alpha}{100} + K_c \frac{\alpha_c}{100} = \\ &= (125000 + 210000) \cdot \frac{15}{100} + 220698.5 \cdot \frac{25}{100} = 105425 \text{ грн} \end{aligned}$$

де $\alpha = 15\%$ - норма амортизаційних відрахувань з обладнання.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

$\alpha_c = 25\%$ - амортизаційні відрахування з КВП та автоматики.

- для модернізованого обладнання:

$$A_{облМ} = (C_{см} + K_{дм.М}) \cdot \frac{\alpha}{100} + K_c \frac{\alpha_c}{100} =$$

$$= (125000 + 220969) \cdot \frac{15}{100} + 220699 \cdot \frac{25}{100} = 112487 \text{ грн}$$

Поточні витрати на утримання та експлуатацію обладнання занесені до таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 - Поточні витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статті	Сума, грн.	
	Базова машина	Модернізована машина
Оплата праці	373991	377945
Нарахування на заробітну плату	139452	143612
Витрати на електроенергію	1321884	1223756
Витрати на утримання і поточний ремонт обладнання	16800	17656
Витрати на утримання і поточний ремонт будівель	540	540
Витрати на утримання і ремонт інструментів та засобів автоматизації	21050	22458
Амортизаційні відрахування по обладнанню	105425	112487
Всього	1979142	1898454

Висновок: в результаті даного розрахунку було визначено техніко-економічних показників до і після модернізації машинного каландра.

8.4 Оцінка ефективності модернізації

Мета: визначення оцінки ефективності модернізації.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [12].

Оцінка ефективності розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} E &= (З_{П.Б} + E_H K_B) \cdot \frac{Q_M}{Q_B} - (З_{П.М} + E_H K_M) = \\ &= (1979142 + 0.15 \cdot 2632500) \cdot \frac{374490}{407885} - \\ &\quad - (1898454 + 0.15 \cdot 407885) = 270011.1 \text{ грн} \end{aligned}$$

де $З_{П.Б}$ та $З_{П.М}$ - поточні витрати з базового та нового обладнання;

Q_B та Q_M - річна продуктивність базова та модернізована;

$E_H = 0.15$ - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_B та K_M - капітальні витрати по базовому та модернізованому обладнанню.

Висновок: був проведений розрахунок, який свідчить про доцільність модернізації. В результаті розрахунків було визначено сукупний економічний ефект, що становить 270011.1 грн.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У дипломному проекті на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” на тему: “Модернізація каландра картоноробної машини. Комплексний ” було запропоновано модернізацію, яка дозволить зменшити енергозатрати на процес каландрування, металоємність конструкції та покращить якість виготовленої продукції.

Розробка модернізації каландра була на основі порівняння різних показників роботи існуючих конструкцій каландрів і вибрано найбільш оптимальний варіант з урахуванням патентної бази розробки конструкції даного машинного каландра.

Були виконані конструктивні розрахунки, які підтверджують надійність та працездатність модернізованої конструкції машинного каландра та його елементів, а саме: вала з гідропідтримкою оболонки, привідного середнього вала, механізму піднімання та притискання валів, станини, шабера та інфрачервоної лампи.

Були надані рекомендації, щодо монтажу та експлуатації машинного каландра, визначені техніко-економічні показники, рівень стандартизації та уніфікації.

Розраховано економічний ефект модернізації від впровадження даної конструкції у виробництво.

Графічна частина дипломного проекту складається з 4 креслень, а саме: складальне креслення загального виду машинного каландра картоноробної машини, креслення вала з регульованим прогином, креслення вала приводного, креслення шаберу нижнього валу. До кожного складального креслення наявні специфікації.

Опубліковано 2 тези доповідей. Була подана заявка та отримано патент на корисну модель № 133317 «Машинний кландр», який зареєстровано в Державному реєстрі патентів на корисні моделі 25.03.2019.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня “бакалавр” на тему: “Модернизация каландра картоноделательной машины. Комплексный” было предложено модернизацию, которая уменьшает затраты на электроэнергию при процессе каландрирования, металлоемкость конструкции и улучшает качество выпускаемой продукции.

Разработка модернизации каландра была на основе сравнения разных показателей работы существующих конструкций каландров и выбрано наиболее оптимальный вариант с учетом патентной базы разработки данной конструкции машинного каландра.

Выполнены конструктивные расчеты, которые подтверждают надежность и работоспособность конструкции машинного каландра и его элементов, а именно: вала с гидropоддержкой оболочки, приводного вала, механизма подъема и прижима валов, станины, шабера и инфракрасной лампы.

Были даны рекомендации по монтажу и эксплуатации машинного каландра, определены технико-экономические показатели, уровень стандартизации и унификации.

Рассчитан экономический эффект модернизации от внедрения данной конструкции в производство.

Графическая часть дипломного проекта состоит из 4 чертежей, а именно: сборочный чертеж общего вида машинного каландра картоноделательной машины, чертеж вала с гидropоддержкой оболочки, чертеж вала приводного, чертеж шабера нижнего вала. На каждый сборочный чертеж составлена спецификация.

Опубликовано 2 доклада с тезисами. Подана заявка и получен патент на полезную модель № 133317 «Машинный каландр», который зарегистрирован в Государственном реестре патентов на полезные модели 25.03.2019.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the Bachelor Diploma project on the theme "Modernization of calender of cardboard machine. Complex" was proposed modernization which reduces the costs of electricity and improve the quality of production.

The development of the modernization was based on a comparisons of different designs calender and was chosen the best option, taking into patent base of design development.

Completed basic design calculations, which confirmed the reliability and efficiency of the design calender machine and its structural elements: shaft with adjustable bending, drive shaft, scrapers, infrared lamp, the mechanism of lifting and clamping shafts.

Recommendations on installation and operation of the machine calender , defined technical and economic parameters, the level of standardization and unification were determined.

The economic effect of modernization from the introduction of this structure into production was calculated.

The graphical part of the project consists of 4 drawings, including: assembly drawing shaft with adjustable bending, drawing drive shaft, drawing of the lower shaft scraper machine calender of cardboardmaking machine. Each assembly drawings folded specification lists.

Were published 2 The National Scientific Conference. Applied and received Ukraine patent for utility model №133317 "Machine Calender", which is registered in the State Register of Utility Model Patents on 03/25/2019.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Перелік посилань

1. Чичаев А. А. Курсовое и дипломное проектирование оборудования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности / А. А. Чичаев – М. „Лесная промышленность” 1989.- 176 с.

2. Эйдлиן И.Я. Бумаго-делательные и отделочные машины [Текст]/ И.Я. Эйдлиן. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1970 – 624 с.: ил.; – 8000 экз.

3. Каландр: 000188/B1(DE), МПК D21G 1/00. Заявка №199600030, дата подачи: 1996.06.13. Изобретатель: Штайн Хайнрих, Юнк Дитер (DE).

4. Патент №116111(UA), МПК D21G 1/00. Машинний каландр/ Гурін Дмитро Володимирович, Гробовенко Ярослав Віталійович (UA) – Заявка №u201611403/10.11.2016; Опубл. 10.05.2017, Бюл. №9.

5. Патент №87093(UA), МПК B31F1/00. Каландр машинний/ Семінський О. О., Мигаль О. В. – Заявка №u201307949/25.06.2013; Опубл. 27.01.2014, Бюл. №2.

6. Патент №587198 (CPCP), МПК D21G 1/00. Каландр/ Г.И. Цирельсон, В.Н. Карышев, В.Б. Фейгин – Заявка №2303789/29-12/26.12.1975; Опубл. 05.01.1978 Бюл. №1.

7. Патент №781247 (CPCP), D21G 1/00. Каландр/ В.Б. Фейгин, А.В. Атаманов, М.Х. Шейкнман, Л.А. Румянцева – Заявка №2716745/25.01.1979; Опубл. 02.12.80, Бюл. №43.

8. Примаков С. Ф. Технология бумаги и картона: учебное пособие для вузов / С. Ф. Примаков, В. А. Барбаш - М.: Экология, 1996. - 304 с
Примаков С. Ф. Технология бумаги и картона: учебное пособие для вузов / С. Ф. Примаков, В. А. Барбаш - М.: Экология, 1996. - 304 с.

9. Бейзельман Р.Д. Подшипники качения. Справочник. / Под ред. Р.Д. Бейзельмана, Б.В. Цыпкина. - М.: Машиностроение, 1975. - 572с.

10. Киркач Н. Ф. Расчет и проектирование деталей машин: учебное пособие для вузов/ Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян– Х.: Основа, 1991. – 276 с.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

11. Ануриев В.И. „Справочник конструктора - машиностроителя.” В 3 т. Т.1 / В.И. Ануриев – М.: Машиностроение, 1978.– 728 с.: ил.

12. Задольський А. М. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету) /Укладач А.М. Задольський - К.: НТУУ”КПІ”, 2010. – 17сс.

13. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці. Навч. посібн. / За ред. В. Ц. Жидецького – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

14. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

15. ДСН 3.3.6.039-99 Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

16. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

17. Патент №106881 (UA), МПК В29С43/24(2006.01). Каландр машинний/ Сметанюк І.С., Гробовенко Я.В. – Заявка №u2015 11140/13.11.2015; Опубл. 10.05.2016, Бюл. №9.

18. А.В. Семиколонов, И.Н. Фетисов „Справочник по курсу общей физики.” Москва, 2014. – 182 с.

19. Ануриев В.И. „Справочник конструктора - машиностроителя.” В 3 т. Т.1 / В.И. Ануриев – М.: Машиностроение, 1978.– 728 с.: ил.

20. Фляте, Д. М. Свойства бумаги. / Д.М. Фляте – Изд. 3-е, переработаное и дополненное. – М. Лесн. пром-сть, 1986. – 680 с. : ил. ; – 3000 экз.

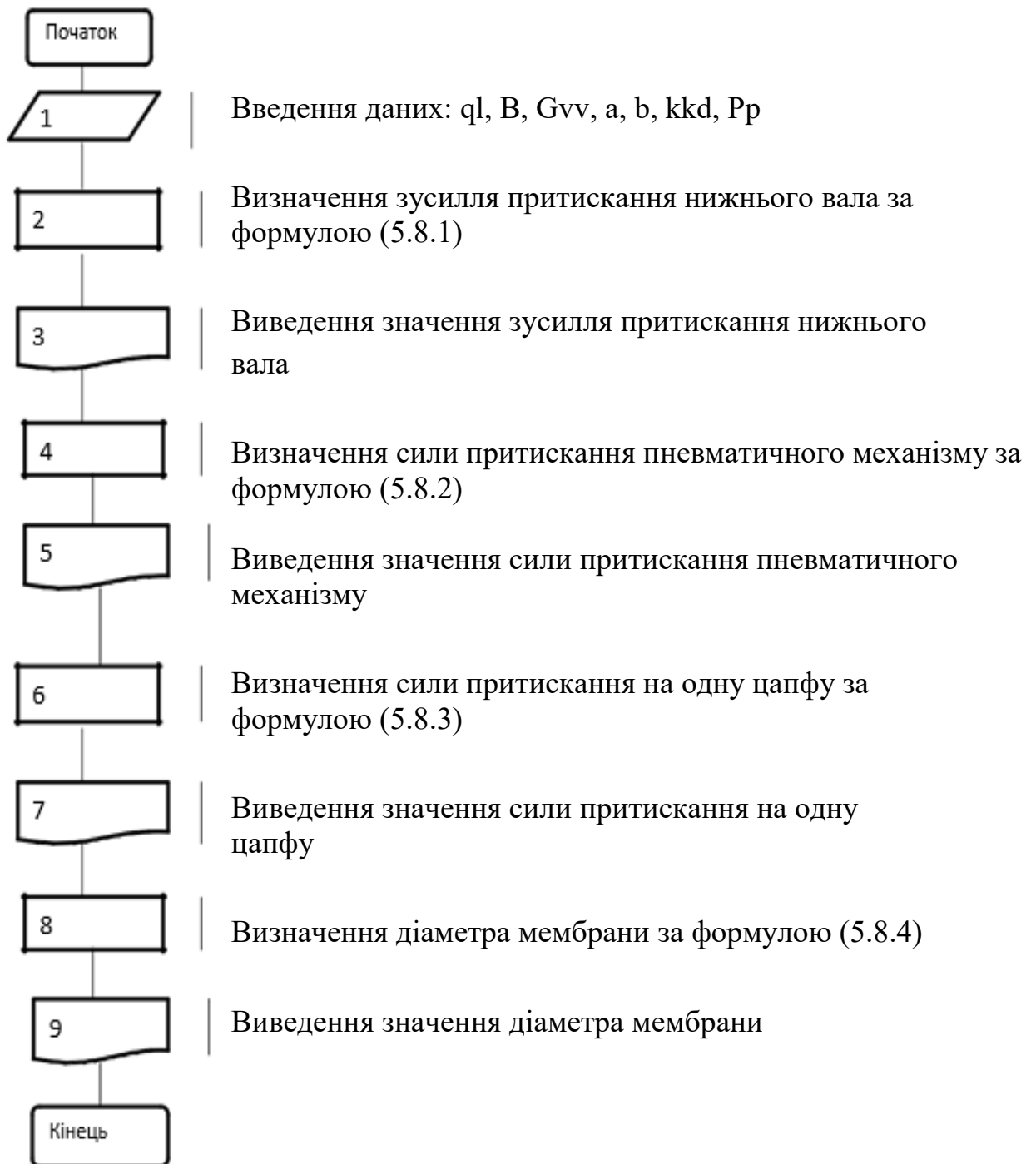
					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Програма розрахунку зусилля притискання нижнього вала каландру

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку А.1 зображена блок-схема розрахунку



Програма розрахунку зусилля притискання нижнього вала каландру

CLS

ql = 124000

B = 4.2

Gvv = 73500

a = 65

b = .76

k kd = .96

Pp = 400000

Ppr = ql*B - Gvv

PRINT "Ppr=" ; Ppr

Fp = Ppr*a/ b*k kd

PRINT "Fp =" ; Fp

Fhttp = .5*Fp

PRINT "Fpc" ; Fpc

Dm = sqr (4* Fpc/ 3.14*Pp)

PRINT "Dm =" ; Dm

END

Результати розрахунку:

Ppr = 600500

Fp = 534985

Fhttp = 267493

Dm = .754

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б

Патентне дослідження

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.1 – Регламент пошуку (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575–97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспек- тивність пошуку	Джерела інформації
Вал плаваючий	Визначення па- тентоздатності модернізованої конструкції та визначення напрямків розвитку у промисловості	Україна, Російська Федерація СРСР, Німеччина, Великобританія	УДК 676.024.16: 676.024.17 МПК7: D21 G 10/00	1999-2019	Національні й зарубіжні офіційні бюлетені, опис винаходів і корисних моделей; Шутько, Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону. – К.: ЕКМО, 2002 – 396 с. Примаков С.Ф. Производство картона, М.: Экология, 1987–224с. Фляте Д.М. Технология бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1988 – 440 с. Эдлин И.Я. Бумагоделочные и отделочные машины. – М.: Лесная промышленность, 1970–670с. Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Том 2. Бумагоделательные машины. М.: Лесная промышленность, 1981–264 с.
Машинний каландр					

Таблиця Б.2 – Патентна документація, яка була відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Каландр	Каландр: 000188/B1(DE), МПК D21G 1/00. Заявка №199600030, дата подачі: 1996.06.13. Изобретатель: Штайн Хайнрих, Юнк Дитер (DE).	Діє
Каландр машинний	Патент №116111(UA), МПК D21G 1/00. Машинний каландр/ Гурін Дмитро Володимирович, Гробовенко Ярослав Віталійович (UA) – Заявка №u201611403 /10.11.2016; Опубл. 10.05.2017, Бюл. №9.	Діє
Каландр машинний	Патент №87093(UA), МПК B31F1/00. Каландр машинний/ Семінський О. О., Мигаль О. В. – Заявка №u201307949/25.06.2013; Опубл. 27.01.2014, Бюл. №2.	Діє

Продовження таблиці Б.2

1	2	3
Каландр	Патент №587198 (СРСР), МПК D21G 1/00. Каландр/ Г.И. Цирельсон, В.Н. Карышев, В.Б. Фейгин – Заявка №2303789/29-12/26.12.1975; Опубл. 05.01.1978 Бюл. №1.	Діє
Каландр машинний	Патент №781247 (СРСР), D21G 1/00. Каландр/ В.Б. Фейгин, А.В. Атаманов, М.Х. Шейкнман, Л.А. Румянцева – Заявка №2716745/25.01.1979; Опубл. 02.12.80, Бюл. №43	Діє

Таблиця Б.3 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Каландр машинний	Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Том 2. Бумагоделательные машины.	М.: Лесная промышленность, 1981— С.195, рис.10.6
Каландр машинний	Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Том 2. Бумагоделательные машины.	М.: Лесная промышленность, 1981— С.195, рис.10.7
Вал плаваючий	Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Том 2. Бумагоделательные машины.	М.: Лесная промышленность, 1981— С.30, рис.2.3 – 7
Вал плаваючий	Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Том 2. Бумагоделательные машины.	М.: Лесная промышленность, 1981— С.30, рис.2.3 – 8
Вал плаваючий	Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Том 2. Бумагоделательные машины.	М.: Лесная промышленность, 1981— С.45, рис.2.9

Додаток В

Документація до патентного дослідження

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11)

000188

(13)

B1

(12)

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45)

Дата публикации
и выдачи патента:
1998.12.24

(51)⁶

D 21G 1/00

(21)

Номер заявки: **199600030**

(22)

Дата подачи: **1996.06.13**

(54)

КАЛАНДР

(31)

195 21 402.1

(32)

1995.06.13

(33)

DE

(43)

1996.12.30

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФОЙТ ЗУЛЬЦЕР ФИНИ-
ШИНГ ГМБХ (DE)**

(72)

Изобретатель:
**Штайн Хайнрих,
Юнк Дитер (DE)**

(74)

Представитель:
Поликарпов А.В. (RU)

(56)

GB-A-2077315
EP-A1-0319886
DE-A1-2919748
US-A-2300994

000188

B1

B1

000188

Изобретение относится к каландрам.

Известен каландр, содержащий, по меньшей мере, один ряд валков, который включает верхний валок, нижний валок и промежуточные жесткие и эластичные валки. Верхний и нижний валки являются валками с выравниваемым прогибом, т.е. представляют собой зафиксированные от вращения оси, на которых установлены втулки, поддерживаемые на осях управляемыми гидравлическими опорными элементами. Между валками образовано, по меньшей мере, четыре рабочих зазора, которые ограничены одним жестким и одним эластичным валками и, при необходимости, инвертирующий зазор, ограниченный двумя эластичными валками. (См. Prospekt "Die neuen Superkalader-Konzepte" der Firma Sulzer Papertec GmbH aus 1994 (Kennziffer 05/94d)). Этот каландр служит для окончательной обработки бумажного полотна с тем, чтобы оно получило желаемые значения гладкости, глянца, толщины, удельного объема и т.п. "Мягкие" или эластичные валки имеют покрытие, состоящее в основном из волокнистого материала. Поскольку часть энергии для обработки должна подводиться в виде тепла, осуществляется подогрев при помощи жестких промежуточных валков. Верхний и нижний валки также следует рассматривать как жесткие, так как их втулка выполнена из отбеленного чугуна. Приводным является, как правило, третий валок снизу.

Недостаток этого каландра состоит в ограниченной возможности регулировки из-за жестких втулок верхнего и нижнего валков, что приводит к искажению сил, действующих на бумажное полотно.

В основу изобретения положена задача создать каландр вышеописанного типа, в котором предусмотрены лучшие возможности регулировки для обеспечения требуемых параметров бумаги.

Согласно изобретению эта задача решается тем, что втулка верхнего валка и/или втулка нижнего валка выполнена из чугуна, модуль упругости которого меньше модуля упругости отбеленного чугуна, и снабжена покрытием из эластичной пластмассы, при этом промежуточный валок, смежный с верхним и/или нижним валком, снабженный покрытием, является жестким валком, а втулка имеет коэффициент пластичности

$$F = (1,4 \cdot 10^5 / E) (100/S)^{2,65} \geq 4,$$

где E - модуль упругости втулки, Н/мм²;

S - толщина стенки втулки, мм.

Пластичная втулка валка может намного легче деформироваться, чем известные втулки из отбеленного чугуна. Это может быть достигнуто за счет меньшего модуля упругости, чем у отбеленного чугуна и/или за счет меньших толщин стенок. Так как втулка валка покрыта эластичной пластмассой, этот валок работает как эластичный валок, смежный с которым, сверху

или снизу, является жесткий валок. Возможность регулирования улучшается, так как приложенные через опорные элементы силы в существенно большей мере действуют на бумагу и не искажаются вследствие жесткости втулки валка и, кроме того, поскольку жесткий валок полностью воспринимает местные изменения удельной нагрузки валка с выравниваемым прогибом, воздействие валка с выравниваемым прогибом на бумагу является более сильным.

При меньшей толщине стенки действующий собственный вес валка с выравниваемым прогибом существенно уменьшается. Это заметно уменьшает стоимость каландра. При выполненном согласно изобретению верхнем валке уменьшается также минимальная удельная нагрузка, с которой каландр может эксплуатироваться. Меньшая толщина стенки втулки обуславливает также меньший наружный диаметр и тем самым, при равной удельной нагрузке, большее напряжение сжатия в зазоре между валками, что приводит к лучшим результатам обработки. Следующее преимущество состоит в том, что увеличивается бесшумность работы каландра, поскольку благодаря эластичной пластмассе демпфируются толчки в ряду валков.

Предпочтительно, чтобы параметр F был больше 5. Возможны значения этого параметра от 6 до 10 и более.

Целесообразно, чтобы эластичная пластмасса, из которой выполнено покрытие втулки, имела более высокую износостойкость, чем износостойкость материала самой втулки.

Это справедливо в особенности для случая, когда втулка валка выполнена из чугуна с пластинчатым графитом. Этот материал имеет модуль упругости, который примерно на 25% ниже, чем у отбеленного чугуна. Толщина стенки втулки из чугуна с пластинчатым графитом может быть уменьшена почти на 50% по сравнению с втулкой валка из отбеленного чугуна. С этим материалом может быть получен коэффициент пластичности F от 6 до 8. Правда, этот серый чугун имеет малую износостойкость. Однако этот недостаток устраняется тем, что уже предусмотренное из других соображений покрытие из эластичной пластмассы служит одновременно в качестве защитного противоизносного слоя. Для этой цели достаточно пластмассового покрытия толщиной от 8 до 15 мм, предпочтительно 10 мм.

Альтернативный вариант предусматривает, что втулка выполнена из чугуна с шаровидным графитом. Это позволяет уменьшить толщину стенки втулки до 59% по сравнению с втулкой из отбеленного чугуна и приводит тем самым к достижению коэффициента F пластичности выше 8.

Особое преимущество достигается, когда пластмасса является армированной волокном эпоксидной смолой. Параметры армированной стекловолокном или углеволоком эпоксидной

смолы могут быть рассчитаны так, что достигается, с одной стороны, желаемая упругость, а с другой стороны, требуемая износостойкость. В качестве примера можно назвать покрытие из материала "ТорТес 4" фирмы Scapa Kern, Wimpassing, Австрия.

Кроме этого, целесообразно, чтобы гидравлические опорные элементы управлялись по отдельности или попарно. В то время как в случае, когда втулка валка выполнена из отбеленного чугуна, такое одиночное или попарное управление едва бы оказывало внешнее воздействие, теперь возможно индивидуальное воздействие на бумагу по очень узким областям уже в самом верхнем рабочем зазоре, что приводит прежде всего к высокой равномерности желаемых параметров поперек бумажного полотна.

Следующее решающее преимущество достигается, если, по меньшей мере, верхний жесткий промежуточный валок выполнен с возможностью нагрева. В этом случае уже в первом рабочем зазоре к бумажному полотну подводится энергия для обработки в виде тепла. Преимущество по сравнению с необходимым в противном случае нагревом верхнего валка состоит в том, что верхний валок может быть выполнен намного проще и дешевле, подвергается воздействию меньших температур и может сильнее деформироваться, не нарушая герметичности уплотнения.

Еще больший эффект будет получен, если все жесткие промежуточные валки выполнены с возможностью нагрева. Вследствие того, что верхние и, при необходимости, также и нижние промежуточные валки выполнены жесткими, можно при сохранении общего числа валков увеличить на единицу число жестких, выполненных с возможностью нагрева промежуточных валков. Это позволяет подводить больше тепловой энергии или подводить равную тепловую энергию при более высоком уровне температуры.

При этом, в частности, может осуществляться подогрев посредством водяного пара, который может подводиться под избыточным давлением. Такой подогрев существенно проще и выгоднее в стоимости, чем подогрев посредством масла, как это требовалось бы для валка с выравниваемым прогибом, выполненного с возможностью нагрева.

Также целесообразно, чтобы в 12-валковом ряду приводным являлся 4-й валок снизу. Вследствие того, что привод переносится от третьего валка к четвертому, получается лучшее распределение мощности и тем самым меньшее поперечное отклонение приводного валка и соседних промежуточных валков. При этом существует возможность придать им меньшие размеры, что при равной удельной нагрузке приводит к более высоким напряжениям сжатия в зазорах

между валками и тем самым к лучшим результатам обработки бумаги.

Изобретение поясняется далее подробнее при помощи представленных на чертежах предпочтительных примеров выполнения.

На фиг.1 изображено схематичное представление варианта выполнения каландра согласно изобретению;

на фиг.2 - местный разрез верхнего зазора между валками;

на фиг.3 - схематичное изображение варианта каландра с восемью валками;

на фиг.4 - вариант каландра с шестью валками; и

на фиг.5 - вариант каландра с двумя рядами, содержащими по пять валков.

Изображенный на фиг.1 каландр содержит один ряд 1 валков, который состоит из двенадцати валков, а именно, верхнего валка 2, нижнего валка 3 и десяти расположенных между ними промежуточных валков. Сверху вниз друг за другом расположены нагреваемый жесткий валок 4, эластичный валок 5, нагреваемый жесткий валок 6, эластичный валок 7, нагреваемый жесткий валок 8, два эластичных валка 9 и 10, приводной нагреваемый жесткий валок 11, эластичный валок 12 и нагреваемый жесткий валок 13. Каждый эластичный валок 5, 7, 9, 10 и 12 имеет покрытие 14 из эластичной пластмассы. Верхний валок 2 и нижний валок 3 являются валками с выравниваемым прогибом, т.е. представляют собой зафиксированные от вращения оси с установленными на них втулками 15, 15а соответственно, поддерживаемыми на осях управляемыми гидравлическими опорными элементами, как более подробно описано ниже.

Втулка 15 верхнего валка 2 и втулка 15а нижнего валка 3 выполнены из чугуна, модуль упругости которого меньше модуля упругости отбеленного чугуна, и имеют покрытие 27 из такой эластичной пластмассы (фиг.2), так что верхний валок 2 и нижний валок 3 также работают как эластичные валки. Промежуточный валок 4, смежный с верхним валком 2, и промежуточный валок 13, смежный с нижним валком 3, являются жесткими валками. Втулки 15, 15а имеют коэффициент пластичности

$$F = (1,4 \cdot 10^5 / E) (100/S)^{2,65} \geq 4,$$

где E - модуль упругости втулки, Н/мм²;

S - толщина стенки втулки, мм.

Между эластичными валками 9 и 10 образован инвертирующий зазор 16. Все остальные зазоры между валками являются рабочими зазорами 17, каждый из которых ограничен эластичным и жестким валками.

Бумажное полотно 18 подводится или непосредственно от бумагоделательной машины, или от сматывающего устройства 19, проходит при помощи направляющих роликов 20 сначала шесть рабочих зазоров 17, затем инвертирующий зазор 16 и далее четыре последующих рабочих зазора 17, откуда наматывается на намо-

точное устройство 21. В шести верхних рабочих зазорах бумажное полотно 18 прилегает к эластичным валкам одной стороной, а в четырех нижних рабочих зазорах - другой стороной, так что достигается двухсторонняя желаемая структура внешней поверхности, например глянец или гладкость.

Фиг.2 показывает возможный вариант выполнения валков в области верхнего рабочего зазора 17. Верхний валок имеет несущую ось 22, которая зафиксирована от вращения в станине 23 каландра и может быть нагружена силой 24. На этой оси при помощи расположенных близко друг к другу гидравлических опорных элементов 25 поддерживается втулка 15 верхнего валка 2. К каждому опорному элементу 25 или к каждой паре опорных элементов 25 через индивидуальный управляющий трубопровод 26 подводится давление. Втулка 15 валка образована корпусом 27 в виде внутренней трубы 27 из чугуна с пластинчатым графитом, который имеет внешнее покрытие 27а из эластичной пластмассы, имеющей более высокую износостойкость, чем этот чугун. Предпочтительным является материал, который выдерживает среднее напряжение сжатия более 45 Н/мм^2 , предпочтительно до 60 Н/мм^2 , и имеет низкую чувствительность к маркировкам. В качестве примера можно назвать армированную волокном, в частности углеволокном, эпоксидную смолу, как уже упомянутый материал для покрытия "Тор-Тес 4". Образующий втулку 15 валка корпус 27 имеет существенно меньшую толщину стенки, чем втулка из отбеленного чугуна с таким же внутренним диаметром. По сравнению с втулками из отбеленного чугуна, которые имеют толщину стенок от 80 до 145 мм, толщина стенок втулок из чугуна с пластинчатым или шаровидным графитом составляет лишь 45-70 мм, а толщина пластмассового покрытия 27а - в пределах от 8 до 15 мм, предпочтительно 10 мм. В жестком валке 4 предусмотрены проходящие вблизи наружной поверхности каналы 28, к которым через управляющие трубопроводы 29 подводится горячий пар при повышенном давлении, например, с температурой 220°C , что соответствует давлению 22 Бар, в результате валок нагревается до температуры его наружной поверхности примерно 150°C .

Управляющее устройство 30 имеет несколько функций.

а) По линии 31 подается сила 24, с которой верхний валок 2 или его несущая ось 22 прижимается вниз, причем аналогично выполненный нижний валок 3 целесообразным способом жестко зафиксирован на месте. Нагружение может осуществляться также в обратном направлении, когда сила 24 действует на нижний валок, а верхний валок 2 жестко закреплен на месте. Посредством нагружения определяется напряжение сжатия, которое действует в отдельных рабочих зазорах 17. Это напряжение сжатия воз-

растает сверху вниз, так как к нагружающей силе 24 каждый раз добавляется еще вес отдельных валков. Вследствие малого веса втулки 15 верхнего валка 2 возрастание силы меньше, чем в известных суперкаландрах с двенадцатью валками.

б) Через линии 26 и 26а нагружаются рабочей жидкостью опорные элементы 25 для выравнивания прогиба верхнего валка 2 и нижнего валка 3. Изменение подводимого давления приводит к соответствующему деформированию втулки 15 валка. Вследствие большей эластичности втулки 15 валка и взаимодействия с жестким валком 4 получается соответственно сильная реакция на проходящее бумажное полотно. Уже в первом рабочем зазоре 17 бумажное полотно 18 испытывает сильное воздействие, что способствует достижению высокой равномерности параметров бумаги.

в) Жесткие валки 4, 6, 8, 11 и 13 выполнены с возможностью нагрева через управляющие линии 29, 29а, 29b, 29с и 29d. Поэтому уже в первом рабочем зазоре 17 бумажному полотну 18 сообщается повышенный уровень температуры. Вследствие этого воздействие нагруженных давлением опорных элементов 25 на бумажное полотно 18 еще более усиливается.

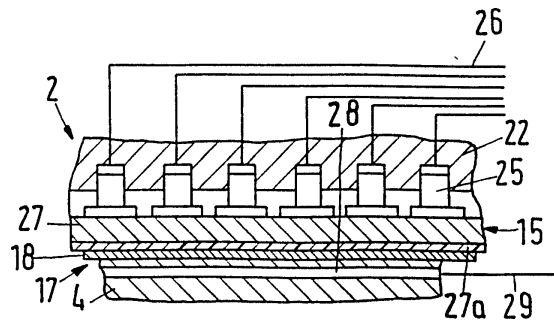
На фиг.3 изображен каландр с рядом 101, который состоит из восьми валков. Эластичные валки обозначены штриховкой. Ряд 101 включает верхний валок 102, нижний валок 103 и расположенные между ними нагреваемый жесткий валок 104, эластичный валок 105, нагреваемый жесткий валок 106, два эластичных валка 109 и 110 и нагреваемый жесткий валок 111.

На фиг.4 изображен каландр с рядом 201 из шести валков, а именно, верхнего валка 202, нижнего валка 203 и расположенных между ними нагреваемого жесткого валка 204, двух эластичных валков 209 и 210 и нагреваемого жесткого валка 211.

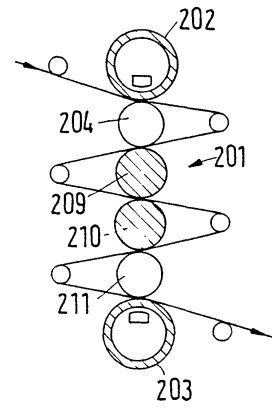
Во многих случаях достаточно этого малого числа валков в ряду, чтобы изготавливать бумагу с высоким качеством поверхности с обеих сторон. Это справедливо в особенности в случае, если, по меньшей мере, в нижнем рабочем зазоре происходит обработка с напряжением сжатия свыше 42 Н/мм^2 , предпочтительно между 45 и 60 Н/мм^2 , и при температуре наружной поверхности нагретых валков свыше 100°C , предпочтительно между 130 и 160°C .

На фиг.5 изображен каландр с двумя рядами 301 и 301а, содержащими по пять валков. Ряд 301 содержит верхний валок 302, нижний валок 303 и расположенные между ними нагреваемый жесткий валок 304, эластичный валок 305 и нагреваемый жесткий валок 306. Ряд 301а составлен аналогично. Однако бумажное полотно подводится так, что прилегает к эластичным валкам в первом ряду одной стороной, а во втором ряду - другой стороной и тем самым подвергается двухстороннему лощению.

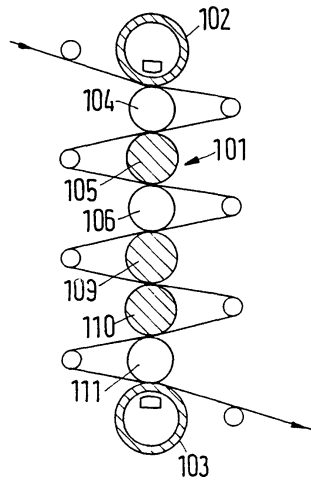
Фиг. 1



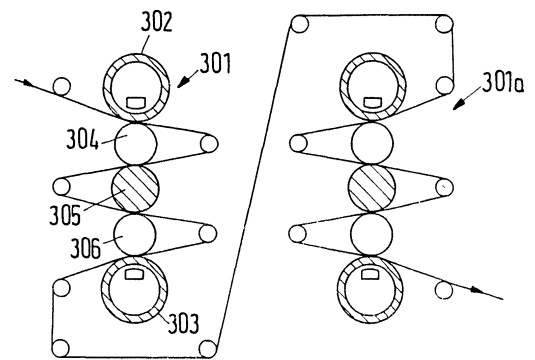
ФИГ. 2



ФИГ. 4



ФИГ.3



ФИГ. 5



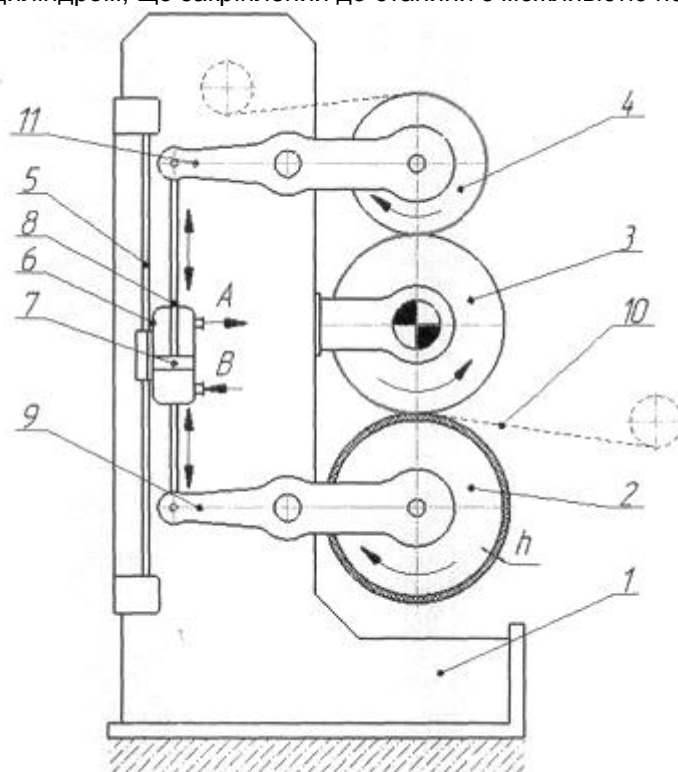
УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116111** (13) **U**

(51) МПК (2017.01)

D21G 1/00**B29C 43/24** (2006.01)**B29B 7/56** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ****(21)** Номер заявки: **u 2016 11403****(22)** Дата подання заявки: **10.11.2016****(24)** Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.05.2017****(46)** Публікація відомостей **10.05.2017, Бюл.№ 9**
про видачу патенту:**(72)** Винахідник(и):**Гурін Дмитро Володимирович (UA),**
Гробовенко Ярослав Віталійович (UA)**(73)** Власник(и):**Гурін Дмитро Володимирович,**
вул. Оноре де Бальзака, 20, кв. 78, м. Київ,
02225 (UA),
Гробовенко Ярослав Віталійович,
вул. Ярослава Мудрого, 4, с. Заудайка,
Прилуцький р-н, Чернігівська обл., 17540
(UA)**(54) МАШИНИЙ КАЛАНДР****(57)** Реферат:

Каландр машинний містить центровий привідний вал та два вали, розташовані зверху та знизу привідного вала, закріплені до важелів, з'єднаних з гідроциліндром. Поверхня нижнього вала покрита пружним полімерним матеріалом, наприклад гумою. Кінці важелів верхнього і нижнього валів з'єднані з гідроциліндром, що закріплений до станини з можливістю переміщення.



UA 116111 U

Корисна модель належить до способів і пристроїв для каландрування та вигладжування картонного, паперового та інших полотен і може бути використана в целюлозно-паперовій, хімічній, харчовій галузях промисловості.

Відомий процес каландрування і каландр, який складається з п'яти валів, із яких осі обертання чотирьох валів знаходяться в одній вертикальній площині, а вісь обертання п'ятого середнього вала зміщена по ходу руху полотна [1].

Недоліками цього каландру є великогабаритність та металоємність конструкції; значні затрати енергії на обертання валів та створення притискної сили; складність в обслуговуванні та експлуатації; значний прогин нижніх каландрових валів негативно впливає на якість каландрування; швидке зношення облицювальної поверхні валів при високих навантаженнях.

Найбільш близьким по технічній суті до запропонованої конструкції каландру є установка для каландрування, що складається із трьох притискних валів, двох механізмів притискання валів, приводу із черв'ячним редуктором, причому має три вали, два з яких мають механізм гідропідтримки сорочки, а третій - трубчатий, які розміщені в одній вертикальній площині на станині [2].

Недоліками цього каландру є значні енергозатрати на створення необхідного лінійного тиску в захватах валів та відсутність проковзування валів в точці їх контакту, що зменшує вигладжування поверхні полотна.

Задачею корисної моделі є інтенсифікація процесу каландрування, зменшення енергозатрат і підвищення технічних властивостей полотна, а саме гладкості, міцності, щільності.

Пристрій пояснюється кресленням, на якому зображено схему машинного каландру.

Апарат для здійснення каландрування полотна, який містить станину 1, нижній обгумований вал 2, привідний відцентровий вал 3, верхній притискний вал 4, направляючу рейку 5, гідроциліндр механізму притискання 6, поршень 7, шток 8 та важелі 9 і 11.

Машинний каландр працює наступним чином: полотно 10 подається на верхній притискний вал 4, огинає його і надходить у верхній захват, утворений притискним валом і привідним 3, ущільнюється, огинає привідний вал і потрапляє у другий нижній захват, утворений привідним валом і нижнім валом 2. В другому захваті полотно ущільнюється і вигладжується за рахунок проковзування валів захвату. Проковзування відбувається внаслідок збільшення площадки деформації пружного полімерного покриття нижнього вала, що має товщину h .

Необхідний лінійний тиск в захватах валів забезпечується гідравлічним механізмом притискання, що працює наступним чином: робоча рідина подається через штуцер А або В в гідроциліндр 6 та діє на поршень 7, що з'єднаний за допомогою штока 8 із верхнім важелем притискання 11. В свою чергу робоча рідина діє на гідроциліндр, що переміщується по направляючій рейці 5 та з'єднаний із нижнім важелем притискання 9.

Перевагою запропонованого машинного каландру є: 1. Рівномірне ущільнення полотна по всій його ширині. 2. Зменшення матеріальних та енергетичних затрат. 3. Вигладжування полотна внаслідок проковзування валів в захватах апарату.

Відзначені вище переваги дозволяють суттєво зменшити енергозатрати і збільшити час каландрування полотна та забезпечити безпечне проходження полотна через машинний каландр та мінімізувати кількість обривів та утворень браку.

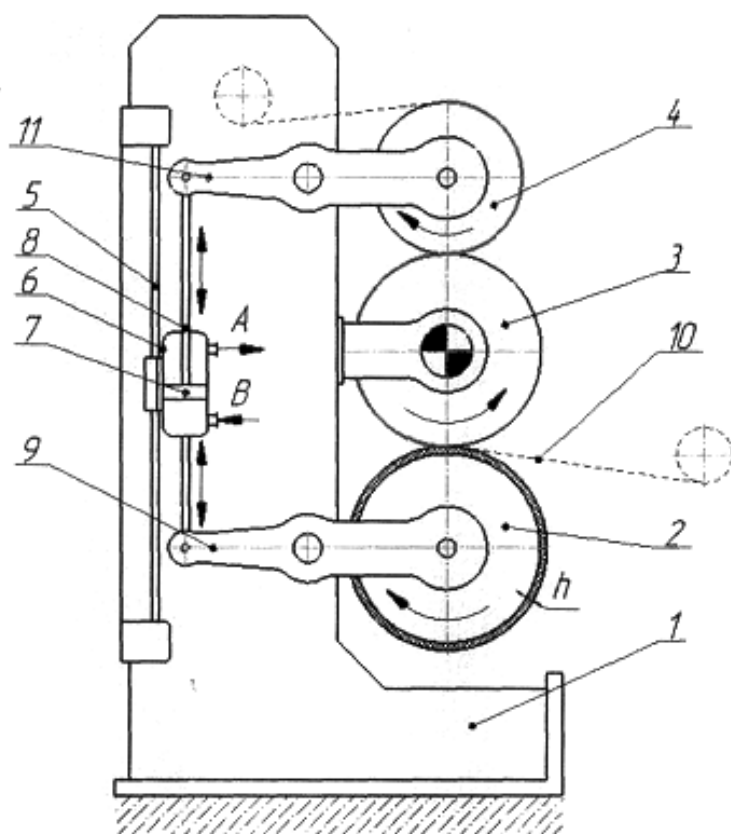
Джерела інформації:

1. Calender and process for operating a calendar: pat. US 6,857,356 B2: Int. C1. B30B 11/22 /Rolf van Haag, Kerken (DE); EvaScheidler, Nattheirn (DE); Robert Wolf, Herbrechtingen (DE) Feb. 22, 2005.

2. Каландр машинний: пат. 106881. UA: МПК B29C 43/24 /Сметанюк І.С., Гробовенко Я.В. - (UA) 10.05.2016.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Каландр машинний, що містить центровий привідний вал та два вали, розташовані зверху та знизу привідного вала, закріплені до важелів, з'єднаних з гідроциліндром, який **відрізняється** тим, що поверхня нижнього вала покрита пружним полімерним матеріалом, наприклад гумою, а кінці важелів верхнього і нижнього валів з'єднані з гідроциліндром, що закріплений до станини з можливістю переміщення.



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **87093** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
B31F 1/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

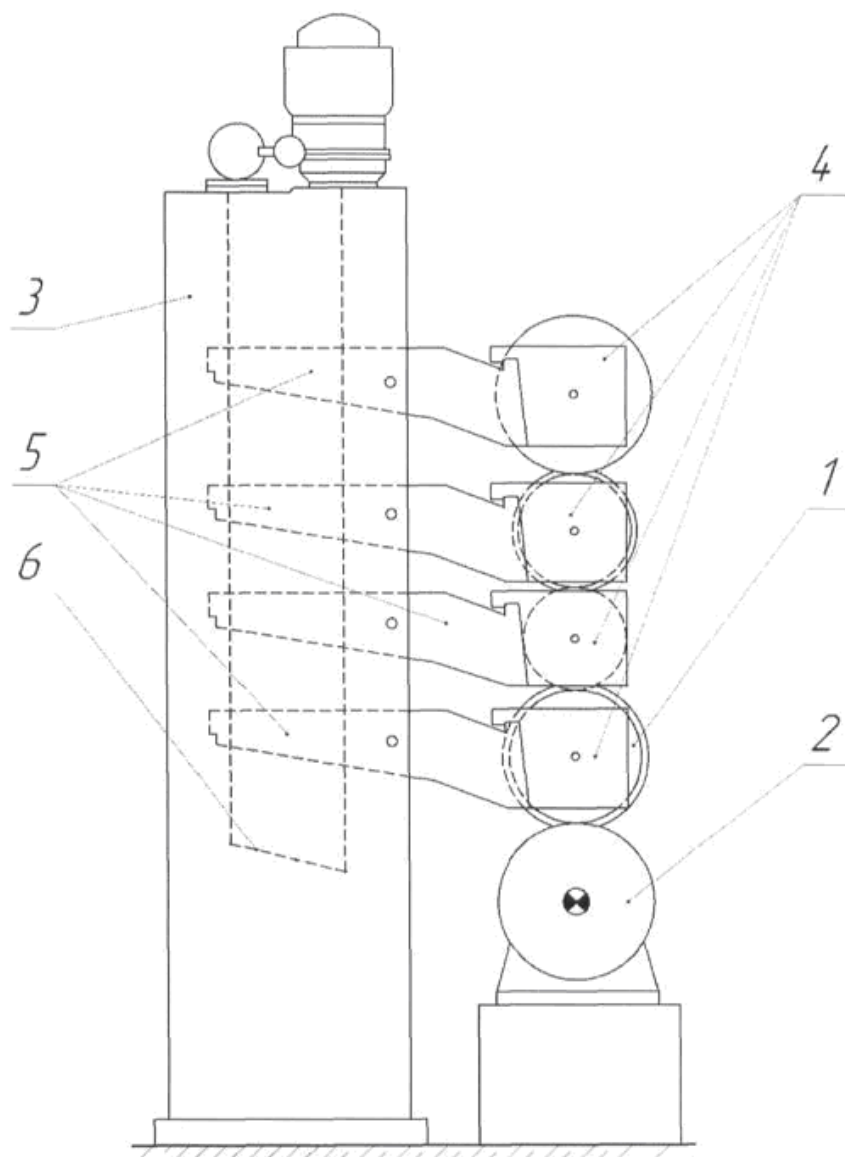
(21) Номер заявки: u 2013 07949	(72) Винахідник(и): Семінський Олександр Олегович (UA), Мигаль Олександр Вадимович (UA)
(22) Дата подання заявки: 25.06.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.01.2014	(73) Власник(и): Семінський Олександр Олегович, вул. Чорнобильська, 9-а, кв. 114, м. Київ- 179, 03179 (UA), Мигаль Олександр Вадимович, вул. Металістів, 5, к. 6-07, м. Київ-056, 03056 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.01.2014, Бюл.№ 2	

(54) КАЛАНДР МАШИННИЙ

(57) Реферат:

Каландр машинний складається з металевих валів, розташованих у вигляді вертикальної батареї, що контактують один з одним і спираються під дією власної ваги на корінний вал батареї; станин, у яких розміщені корпуси підшипників і важелі валів; приводу для обертання нижнього або другого знизу валу; підйомно-притискного пристрою. Вали у вертикальній батареї, починаючи з нижнього і за винятком верхнього, через один футеруються поліуретаном.

UA 87093 U



Корисна модель належить до пристроїв для каландрування паперового полотна і може бути використана в целюлозно-паперовій та суміжних галузях промисловості.

Найбільш близьким за технічною суттю до пропонованого технічного рішення є машинний каландр [Чичаев В.А., Глезин М.Л., Екимова В.А. и др. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины. - М.: Лесная пром-сть, 1981. - С. 186-187], що включає: металеві вали, розташовані у вигляді вертикальної батареї, що контактують один з одним і спираються під дією власної ваги на корінний вал батареї; станини, у яких розміщені корпуси підшипників і важелі валів; привод для обертання нижнього або другого знизу вала; механізм піднімання і пристрій додаткового притискання валів.

Недоліком даної конструкції є місцеве роздавлення паперового полотна зі збільшенням лінійного тиску між валами каландра, що негативно позначається на якості продукції.

В основу пропонованої корисної моделі поставлена задача підвищення якості паперової продукції за рахунок збільшення тривалості знаходження паперового полотна в зоні контакту з валами і зменшення його місцевого роздавлення.

Поставлена задача вирішується тим, що у машинному каландрі, що складається з металевих валів, розташованих у вигляді вертикальної батареї, що контактують один з одним і спираються під дією власної ваги на корінний вал батареї; станин, у яких розміщені корпуси підшипників і важелі валів; приводу для обертання нижнього або другого знизу вала; підйомно-притискного пристрою, згідно з пропонованою корисною моделлю, новим є те, що вали у вертикальній батареї, починаючи з нижнього і за винятком верхнього, через один, футеруються поліуретаном.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням на якому схематично зображено каландр машинний.

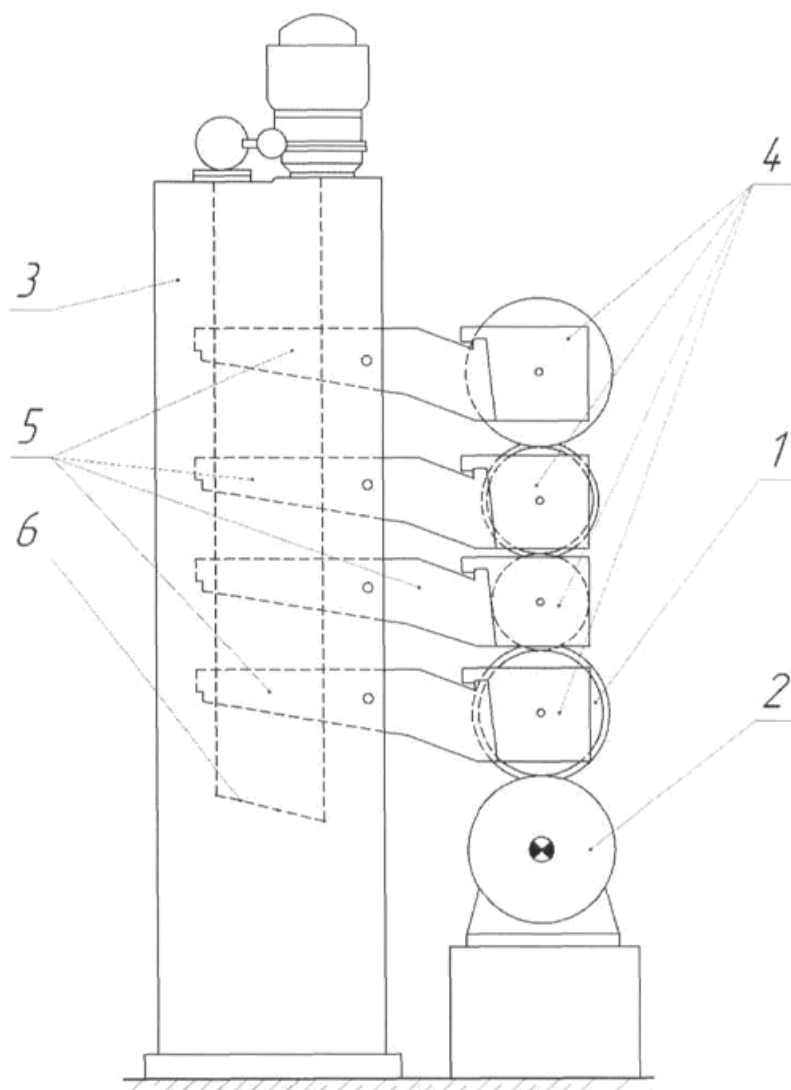
Каландр машинний включає батарею валів 1, корінний вал 2, станини 3, корпуси підшипників 4, важелі валів 5, підйомно-притискний пристрій 6.

Каландр машинний працює наступним чином, попередньо зволожене паперове полотно заправляється у перший захват між двома верхніми валами і безперервною стрічкою пропускається через всі захвати між валами зверху вниз. Вали приводяться до обертання за рахунок притискання один до одного по периферії та контакту з приводним валом.

Запропонована корисна модель реалізує задачу підвищення якості продукції за рахунок збільшення тривалості знаходження паперового полотна в зоні контакту з валами і зменшення його місцевого роздавлення, що покращує лоск і гладкість паперу.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Каландр машинний, що складається з металевих валів, розташованих у вигляді вертикальної батареї, що контактують один з одним і спираються під дією власної ваги на корінний вал батареї; станин, у яких розміщені корпуси підшипників і важелі валів; приводу для обертання нижнього або другого знизу вала; підйомно-притискного пристрою, який **відрізняється** тим, що вали у вертикальній батареї, починаючи з нижнього і за винятком верхнього, через один, футеруються поліуретаном.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



Государственный комитет
Совета Министров СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 587198

- (61) Дополнительное к авт. свид-ву -
(22) Заявлено 26.12.75 (21) 2303789/29-12
с присоединением заявки № -
(23) Приоритет -
(43) Опубликовано 05.01.78. Бюллетень № 1
(45) Дата опубликования описания 10.01.78

(51) М. Кл.²
D 21 G 1/00

(53) УДК 676.2.053.487
(088.8)

- (72) Авторы
изобретения Г.И. Цирельсон, В.Н. Карышев, В.Б. Фейгин,
М.Х. Шейнкман и В.А. Бабинский

- (71) Заявитель
Центральный научно-исследовательский и проектно-
конструкторский институт по проектированию оборудования
для целлюлозно-бумажной промышленности

(54) КАЛАНДР

1

Изобретение предназначено для использования в целлюлозно-бумажной, химической и других отраслях промышленности, в частности при отделке и намотке бумаги в конце бумагоделательной машины.

Известен каландр, в котором в качестве цилиндра наката использован нижний вал каландра, при этом тамбурный вал, на который наматывается бумага, прижимается к нижнему валу каландра, представляющего собой вертикальную батарею валов. Тамбурный вал, несущие каретки тамбурного вала, а также механизм прижима тамбурного вала располагаются в направляющих станины каландра [1].

Однако в накате, где в качестве цилиндра наката используется нижний вал каландра, сохраняются отдельные каландр и накат, а также станина наката с направляющими наката, при этом станина наката обладает значительным весом и занимает большую производственную площадь.

Кроме того, нижний вал каландра имеет значительную бомбировку, поэтому рулон прижимается по ширине неравномерно, что приводит к ухудшению качества намотки.

2

Известен также каландр, содержащий ряд валов, станину с направляющими, каретки и цилиндр наката с приемными рычагами для тамбурного вала [2].

Недостатком этого каландра является то, что он и накат занимают значительную производственную площадь, а накат к тому же обладает значительной металлоемкостью, наличие свободного участка между каландром и накатом способствует обрывам полотна, что увеличивает количество холостых ходов бумагоделательной машины.

Целью изобретения является снижение металлоемкости и повышение надежности работы каландра.

Поставленная цель достигается тем, что цилиндр наката установлен над верхним валом ряда валов, а каретки снабжены прижимным приспособлением и смонтированы в верхней части станины каландра над цилиндром наката.

На чертеже изображен предлагаемый каландр, общий вид.

Цилиндр 1 наката вместе с приемными рычагами 2 установлен в направляющих станины каландра. Тамбурный вал 3 в начале намотки расположен в приемных рычагах, а в конце намотки

в несущих каретках 4, установленных в направляющих 5 станины каландра. Устройство 6 для прижима сматываемого рулона, связанное с каретками, неподвижно закреплено на станине каландра.

Каландр работает следующим образом.

Тамбурный вал 3, установленный в приемных рычагах 2, разгоняют до скорости вращения цилиндра 1 наката каландра. Полотно поступает в нижний захват валов каландра, проходит от нижнего захвата к верхнему и наматывается на тамбурный вал. По достижении рулоном диаметра около одной трети полной намотки тамбурный вал поворотом приемных рычагов 2 перекладывают в несущие каретки 4 и прижимают устройством 6 к цилиндру 1. По мере намотки рулона тамбурный вал 3 выходит из рычагов 2. Рычаги поворачиваются в прежнее положение, где в них вкладывают новый тамбурный вал, а намотку тамбурного вала, размещенного в несущих каретках 4, осуществляют до заданного диаметра. Затем полотно бумаги заправляют в свободный тамбурный вал, установленный в приемных рычагах 2, и процесс намотки повторяют.

Предлагаемый каландр значительно снижает металлоемкость и более

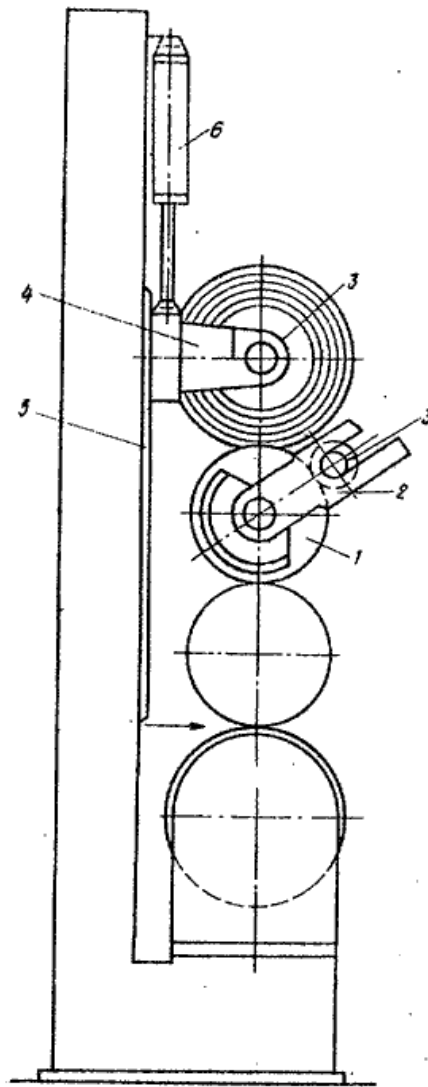
надежен в работе. Бумага при заправке в такой каландр испытывает вначале максимальное давление в нижнем захвате, уплотняется и благодаря отсутствию участков свободного хода между каландром и накатом автоматически подается на цилиндр наката. Тем самым исключаются обрывы полотна и следовательно снижаются холостые ходы машины.

Формула изобретения

- 15 Каландр, содержащий ряд валов, станину с направляющими, каретки и цилиндр наката с приемными рычагами для тамбурного вала, отличающийся тем, что, с целью снижения металлоемкости и повышения надежности работы каландра, цилиндр наката установлен над верхним валом ряда валов, а каретки снабжены прижимным приспособлением и смонтированы в 25 верхней части станины каландра над цилиндром наката.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе:

- 30 1. Авторское свидетельство СССР № 435315, D 21 G 1/00, 1969.
2. Авторское свидетельство СССР № 406995, D 21 G 1/00, 1968.



Редактор Л. Волкова Составитель Н. Сердюк Техред А. Богдан Корректор Н. Яценевская
 Заказ 96/23 Тираж 496 Подписное
 ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Филиал ППП "Патент", г. Ужгород., ул. Проектная, 4



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 781247

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 25.01.79 (21) 2716745/28-12

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 23.11.80. Бюллетень № 43

Дата опубликования описания 02.12.80

В П Т Б

ФОНД ЗАПЕРТОВ

(51) М. Кл.³

D 21 G 1/00

(53) УДК 676.2.
.053.4(088.8)

(72) Авторы
изобретения

В.Б.Фейгин, А.В.Атаманов, М.Х.Шейнкман и Л.А.Румянцева

(71) Заявитель

Центральный научно-исследовательский и проектно-
конструкторский институт по проектированию оборудования
для целлюлозно-бумажной промышленности

(54) КАЛАНДР

1

Изобретение относится к бумагоделательному машиностроению и может быть использовано в целлюлозно-бумажной промышленности в каландрах бумаго- и картоноделательных машин, а также в других промышленных отраслях, где используются батареи вертикально расположенных валов, в захватах которых происходит обработка какого-либо материала.

Известно устройство для вылегчивания валов, снабженное пневмокамерой, включающей диафрагму и шток, от которых давление передается через промежуточные рычаги на рычаги валов [1].

Однако при обрыве полотна бумаги или при попадании в захват валов комка возникают ударные нагрузки, которые вызывают огранку валов и, как следствие, маркировку полотна и уменьшение срока службы валов.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является каландр, содержащий батарею валов с рычагами, шарнирно закрепленными на станине, подъемное устройство с приспособлением для вылегчивания валов, состоящее из нескольких разгрузочных камер, соединенных с рычага-

2

ми валов. Пневматические разгрузочные камеры спарены с подъемным устройством и расположены шарнирно на концах рычагов со стороны задней стенки станины, кроме того они выполнены с массивным металлическим дном и крышкой. Вращением винта упора, который сверху давит на крышку сильфонной камеры, устанавливается зазор между смежными рычагами. Величина этого зазора возрастает от верхних валов к нижним. Давление в пневмокамерах поддерживается независимо. Описанная конструкция смягчает удары и перегрузку элементов каландра при попадании комков в захваты между его валами [2].

Недостаток этого каландра заключается в том, что его эффективность зависит от режима работы механизма вылегчивания. При минимальном усилии вылегчивания демпфирование ударов практически не происходит.

Цель изобретения - повышение надежности работы и долговечности каландра.

Цель достигается тем, что каждая из разгрузочных камер имеет установленный в ней сильфон и буферную емкость, разделенную на две полости,

5

10

15

20

25

30

одна из которых заполнена жидкостью и соединена с сильфоном двумя трубопроводами, в один из которых вмонтирован дроссель, а в другой - обратный клапан.

На фиг. 1 изображен каландр, общий вид; на фиг. 2 - пневматическая разгрузочная камера, узел I на фиг. 1.

Каландр включает пневматические разгрузочные камеры 1, соединенные штоками 2 с рычагами 3 валов каландра, шарнирно закрепленных на станине через промежуточные рычаги 4.

Во внутренней полости каждой пневматической разгрузочной камеры между корпусом 5 (его задней стенкой) и диафрагмой 6 смонтирован сильфон 7. Сильфон через обратный клапан 8 и дроссель 9 соединен с буферной емкостью 10, состоящей из двух полостей, разделенных гибкой перегородкой 11.

Одна полость буферной емкости и сильфон заполнены жидким агентом, а другая полость буферной емкости заполнена воздухом под избыточным давлением.

Каландр работает следующим образом.

При обрыве полотна бумаги валы начинают опускаться вместе с рычагами 3, которые через промежуточные рычаги 4, шток и диафрагму 6 сжимают сильфон 7. При этом жидкий агент закрывает обратный клапан 8 и перетекает в буферную емкость 10 через дроссель 9, тем самым замедляя процесс схождения валов.

В случае попадания комка бумаги в захват двух валов последние расходятся вместе с рычагами 3. За счет

избыточного давления воздуха в буферной емкости жидкий агент через обратный клапан 8 перетекает в сильфон 7 и воздействует через диафрагму 5 и шток 2 на промежуточный рычаг 4. При опускании вала обратный клапан 8 перекрывает магистраль и жидкий агент переходит в буферную емкость через дроссель 9.

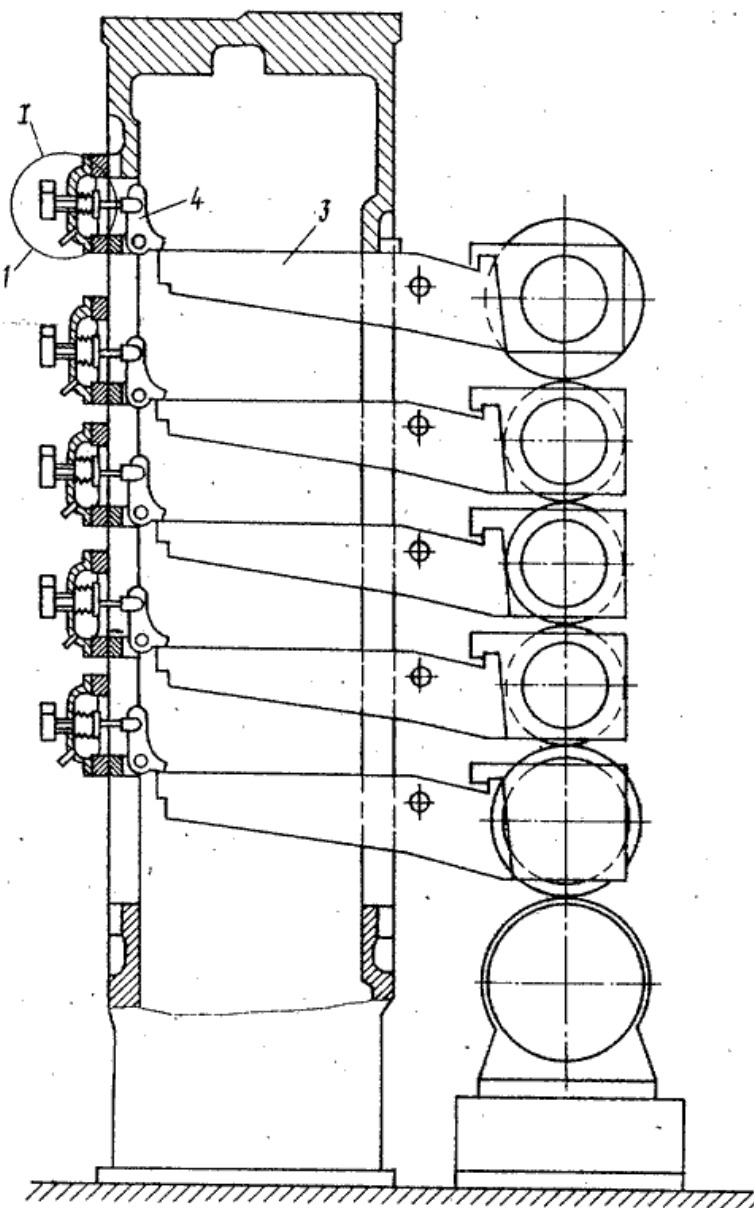
За счет увеличения времени опускания валов уменьшается ударные нагрузки и повышается срок службы батареи валов.

Формула изобретения

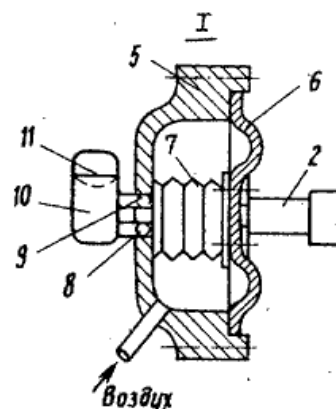
Каландр, содержащий батарею валов с рычагами, шарнирно закрепленными на станине, подъемное устройство с приспособлением для вылегчивания валов, состоящее из нескольких разгрузочных камер, соединенных с рычагами валов, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности работы и долговечности каландра, каждая из разгрузочных камер имеет установленный в ней сильфон и буферную емкость, разделенную на две полости, одна из которых заполнена жидкостью и соединена с сильфоном двумя трубопроводами, в один из которых вмонтирован дроссель, а в другой - обратный клапан.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 406995, кл. D 21 G 1/00, 1972.
2. Патент США № 3554118, кл. 100-163, 1965 (прототип).



Фиг. 1



Фиг. 2

Редактор Н.Лазаренко	Составитель Ю.Кляпин Техред Н.Граб	Корректор Н.Григорук
Заказ 8075/23	Тираж 430	Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5		
Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4		

Додаток Г

Публікації автора

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Публікації автора

1. Кошурніков М.Ю. Модернізація каландра картоноробної машини / Кошурніков М.Ю., Гробовенко Я.В. // Збірник тез доповідей XXIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів» (29-30 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 166с.
2. Кошурніков М.Ю. Модернізація каландра картоноробної машини / Кошурніков М.Ю., Гробовенко Я.В. // Збірник тез доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів» (23-25 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 153с.
3. Патент на корисну модель UA № 133317, Україна, МПК В29С 43/24 (2006.01). Машинний каландр / Кошурніков М.Ю., Гробовенко Я.В. – Заявл. 26.11.2018, опубл. 25.03.2019, бюл. №6.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Кошурніков М.Ю., ас. Гробовенко Я. В.

Національний технічний університет України

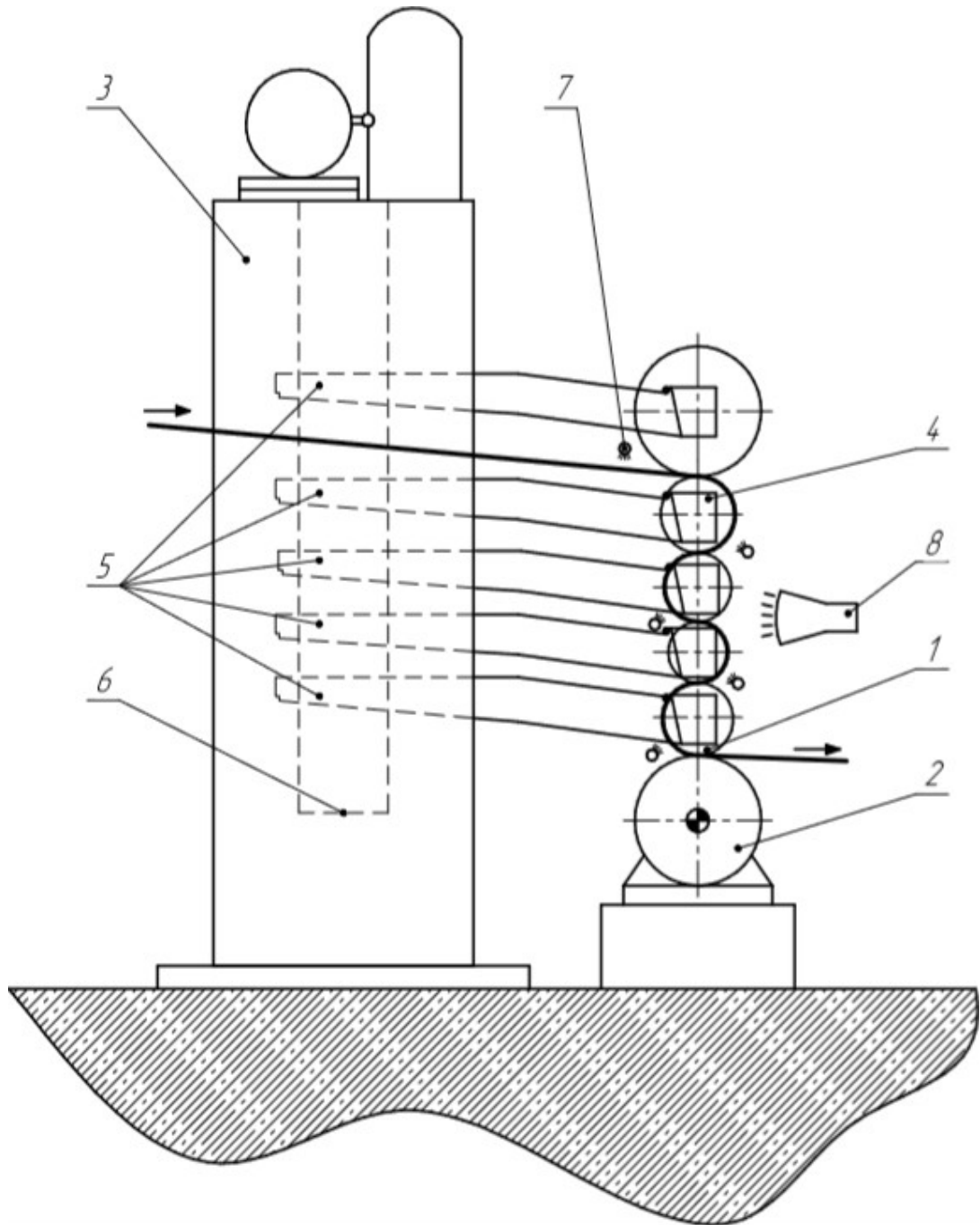
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Каландрування полотна є важливим технологічним процесом у картоноробному виробництві. Цей процес надає полотну необхідних властивостей, які мають важливе значення для різних видів картону. На більшій частині папероробних та картоноробних машин каландр встановлюють після сушильної частини.

Каландр складається з декількох полірованих чи футерованих валів, які розташовані у вигляді вертикальної батареї. Кількість валів в першу чергу залежить від виду оброблюваного картону чи паперу. При каландруванні полотно проходить між валами і стискається під тиском за рахунок сили тяжіння валів чи допоміжних механізмів притискання. В результаті збільшується об'ємна маса, вирівнюється поверхня полотна, зменшується товщина та пористість, підвищується гладкість і щільність.

На процес каландрування суттєво впливає тиск між валами, тривалість каландрування, температура валів, число захватів та вологість оброблюваного полотна. Каландрування значно залежить від вологості паперу що каландрується. Сухий картон гірше ущільнюється та вигладжується, а при каландруванні він часто розривається. З підвищенням вологості картону його пластичність також збільшується, що добре впливає на вигладжування паперу між валами каландра. Але при надмірній волозі картон починає темніти і з'являються плями, а також пропускання через нижні вали, де лінійний тиск максимальний, дуже ускладнюється. Тобто в залежності від умов каландрування та виду картону процент оптимальної вологості змінюється

від 5% до 15%. Цю проблему вирішують за допомогою поступового підігрівання валів, найчастіше використовують паровий чи електричний нагрів.



1 — батарея валів, 2 — корінний вал, 3 — станина, 4 — корпуси підшипників, 5 — важелі валів, 6 — підйомно-притискний пристрій, 7 — парові сприски, 8 — інфрачервоний нагрівач.

Рисунок 1. Каландр картоноробної машини.

З метою покращення процесу каландрування пропонується модернізація яка полягає в тому, що два середніх вала підігріваються інфрачервоним нагрівачем, схема конструкції наведена на рисунку 1. Така конструкція дозволяє підвищити якість каландрування шляхом збільшення пластичної деформації картону при обробці його паром та усуває негативні наслідки надмірної вологи полотна, тобто висушує частину вологи з полотна інфрачервоним випромінюванням, що значно зменшує ймовірність обриву. В результаті такої модернізації значно покращується лоск і гладкість картону.

Перелік посилань:

1. В.А. Чичаев, 1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины 1981. – 264 с.
2. Бумагоделательные и отделочные машины, Эйлин И.Я. Лесная промышленность М., 1970, - 379с

МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Кошурніков М.Ю., ас. Гробовенко Я. В.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

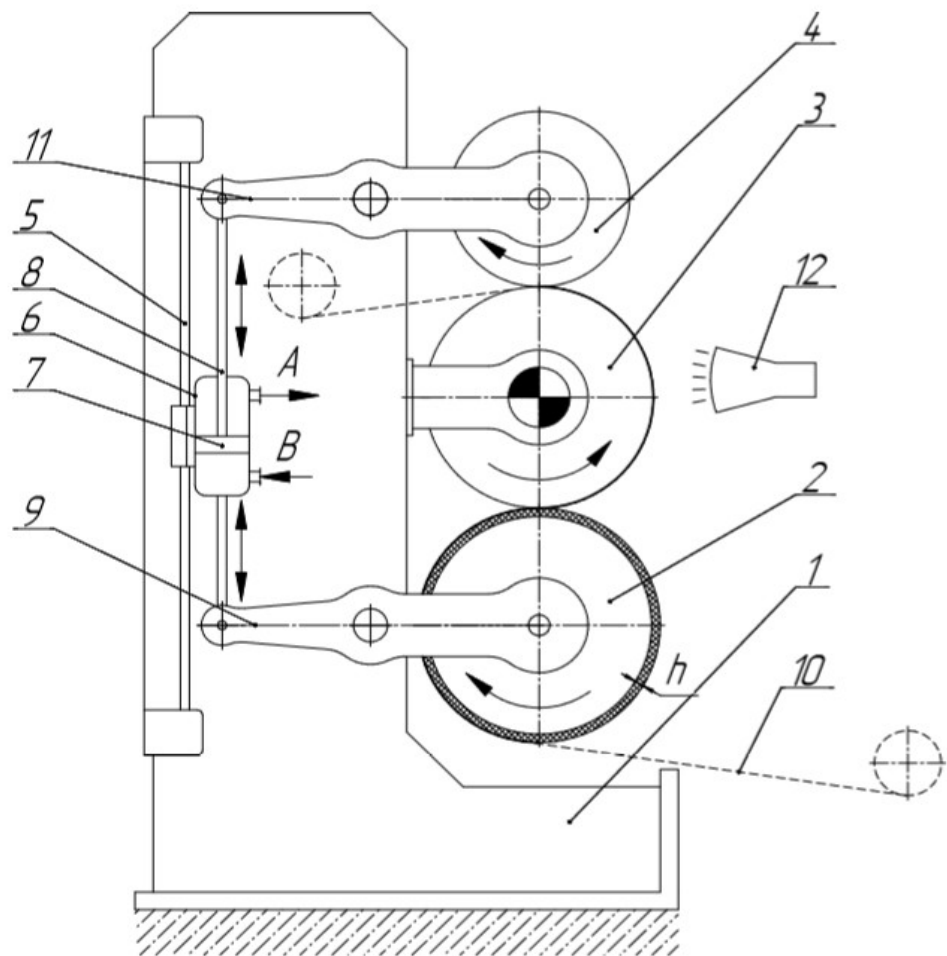
Процес каландрування полотна є важливим у картоноробному виробництві. Цей процес надає полотну необхідних властивостей, які мають важливе значення для різних видів картону, а саме надає картону лоску, підвищує гладкість. На більшій частині папероробних та картоноробних машин каландр встановлюють після сушильної чи холодильної частини.

Каландр зазвичай складається з декількох полірованих чи футерованих валів, які розташовані у вигляді вертикальної батареї. Кількість валів в першу чергу залежить від виду оброблюваного картону чи паперу. Основні недоліки сучасних конструкцій каландрів є великогабаритність, металоємність, значні затрати енергії, необхідність створювати великий лінійний тиск у захваті, складність в обслуговуванні та експлуатації, значна ймовірність обриву.

Для вирішення наведених недоліків представлено конструкцію каландра наведену на рисунку 1.

Який працює наступним чином: полотно 10 подається на верхній притискний вал 4, огинає його і поступає у верхній захват, утворений притискним валом і привідним 3, ущільнюється, огинає привідний вал і потрапляє у другий нижній захват, утворений привідним валом і нижнім валом 2. В другому захваті полотно ущільнюється і вигладжується за рахунок проковзування валів захвату. затрат. 3. Вигладжування полотна внаслідок проковзування валів в захватах апарату. Проковзування відбувається

внаслідок збільшення площадки деформації пружного полімерного покриття нижнього валу.



1 – Станина, 2 – Обгумований вал, 3 – привідний середній вал, 4 – верхній притискний вал, 5 – направляючу рейку, 6 – гідроциліндр механізму притискання, 7 – поршень, 8 – шток, 9,11 – важелі, 10 – паперове полотно.

Рисунок 1.

Проковзування відбувається внаслідок збільшення площадки деформації пружного полімерного покриття нижнього валу. Необхідний лінійний тиск в захватах валів забезпечується гідравлічним механізмом притискання, що працює наступним чином: робоча рідина подається через штуцер А або В в гідроциліндр 6 та діє на поршень 7, що з'єднаний за допомогою штоку 8 із верхнім важелем притискання 11. В свою чергу робоча

рідина діє на гідроциліндр, що переміщується по направляючій рейці 5 та з'єднаний із нижнім важелем притискання 9.

Перевагою запропонованого каландру є: 1. Рівномірне ущільнення полотна по всій його ширині. 2. Зменшення матеріальних та енергетичних затрат. 3. Вигладжування полотна внаслідок проковзування валів в захватах апарату.

Модернізація каландру дозволяє суттєво зменшити енергозатрати і збільшити час каландрування полотна та забезпечити безпечне проходження полотна через машинний каландр та мінімізувати кількість обривів та утворень браку.

Перелік посилань:

1. В.А. Чичаев, 1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины 1981. – 264 с.
2. Бумагоделательные и отделочные машины, Эйлин И.Я. Лесная промышленность М., 1970, - 379с



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **133317** (13) **U**
(51) МПК (2019.01)
D21G 1/00
B29C 43/24 (2006.01)
B29B 7/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

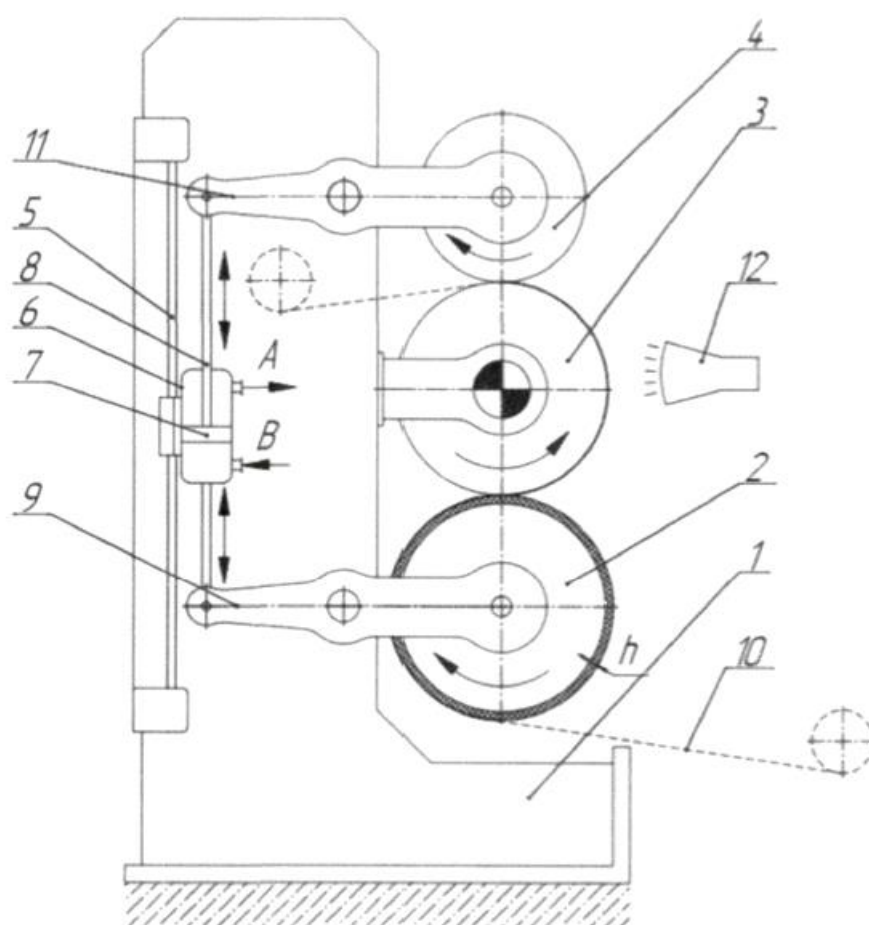
(21) Номер заявки: u 2018 11620	(72) Винахідник(и): Кошурніков Максим Юрійович (UA), Гробовенко Ярослав Віталійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 26.11.2018	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.03.2019	(73) Власник(и): Кошурніков Максим Юрійович, військове містечко № 11, буд. 16, кв. 58, м. Васильків, Київська обл., 08606 (UA), Гробовенко Ярослав Віталійович, вул. Ярослава Мудрого, 4, с. Заудайка, Прилуцький р-н, Чернігівська обл., 17540 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.03.2019, Бюл.№ 6	

(54) МАШИННИЙ КАЛАНДР

(57) Реферат:

Каландр містить центральний привідний вал та два вали із механізмом гідропідтримки сорочки, що розташовані зверху та знизу привідного вала і з'єднані із притискним механізмом. В зоні привідного вала розташований інфрачервоний нагрівач, наприклад лампа, а полотно подається в захват між верхнім притискним і привідним валами та огинає привідний вал зі сторони інфрачервоного нагрівача.

UA 133317 U



Корисна модель належить до пристроїв для каландрування і обробки картонного, паперового та інших волокнистих полотен і може бути використана в целюлозно-паперовій, текстильній, хімічній та в інших суміжних галузях промисловості.

Відома конструкція каландра [1] складається з п'яти валів, осі обертання чотирьох з них розташовуються в одній вертикальній площині, а вісь обертання останнього п'ятого вала, який розташований всередині установки, зміщена по ходу руху полотна.

Недоліками даної конструкції є високі енергозатрати на привід валів; великі габаритні розміри і значна металоємкість установки; швидке зношування облицювання валів; складність в експлуатації та обслуговуванні; прогин нижніх валів у каландрі, що досить негативно впливає на якість полотна.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі є машинний каландр [2], який складається із двох притискних валів та одного привідного, розміщених у вертикальній площині. Верхній і нижній вали мають механізм гідропідтримки сорочки, а поверхня нижнього вала покрита еластичним полімерним матеріалом. Даний каландр містить два механізми притискання валів, кінці важелів яких з'єднані з гідроциліндром та приводом із черв'ячним редуктором.

Недоліками найближчого аналога є значно нижчий ступінь каландрування у порівнянні із шестивальними каландрами, а також відсутність пристроїв підігріву полотна.

В основу корисної моделі поставлена задача інтенсифікації процесу каландрування і підвищення споживчих та технологічних властивостей полотна, а саме гладкості, міцності, щільності та однорідності.

Поставлена задача вирішується тим, що у каландрі, що містить центральний привідний вал та два вали із механізмом гідропідтримки сорочки, що розташовані зверху та знизу привідного вала і з'єднані із притискним механізмом, згідно з корисною моделлю, в зоні привідного вала розташований інфрачервоний нагрівач, наприклад лампа, а полотно подається в захват між верхнім притискним і привідним валами та огинає привідний вал зі сторони інфрачервоного нагрівача.

Корисна модель, що призначена для каландрування полотна, пояснюється кресленням, на якому представлена схема машинного каландра.

Каландр містить: станину 1, нижній обгумований вал 2 із механізмом гідропідтримки сорочки, привідний середній трубчастий вал 3, верхній притискний вал 4 із механізмом гідропідтримки сорочки, направляючу рейку 5, гідроциліндр механізму притискання 6, поршень 7, шток 8, важелі 9 і 11 та інфрачервону лампу 12.

Каландр працює наступним чином: полотно 10 подається із ведучого вала в захват між верхнім притискним валом 4 та середнім привідним валом 3, ущільнюється і надходить в зону прогріву інфрачервоним випромінюванням від лампи 12, прогрівається, огинаючи середній привідний вал і потрапляє у другий нижній захват, утворений привідним валом і нижнім валом 2. В другому захваті полотно інтенсивно ущільнюється і вигладжується за рахунок проковзування валів захвату та прогрівання скелета полотна. Проковзування відбувається внаслідок збільшення площадки деформації пружного полімерного покриття нижнього вала, що має товщину шару h .

Прогрівання полотна інфрачервоним випромінювання сприяє зменшенню його в'язкості, що дозволяє інтенсифікувати вигладжування полотна та значно покращити його споживчі та технологічні показники.

Необхідний лінійний тиск в захватах валів забезпечується гідравлічним механізмом притискання верхнього та нижнього вала. Механізм притискання валів працює наступним чином: робоча рідина подається через штуцер А або В у гідроциліндр 6 та діє на поршень 7, що з'єднаний за допомогою штока 8 із верхнім важелем притискання 11. В свою чергу, робоча рідина діє на гідроциліндр, що переміщується по направляючій рейці 5 та з'єднаний із нижнім важелем притискання 9.

Перевагою запропонованого каландра є: 1. Рівномірне ущільнення полотна по всій його ширині. 2. Покращення споживчих, технічних та технологічних показників готової продукції. 3. Інтенсифікація каландрування і обробки полотна внаслідок прогріву полотна інфрачервоною лампою та проковзування валів в захватах машинного каландра.

Відзначені вище переваги дозволяють суттєво покращити якість процесу каландрування та забезпечити безпечне проходження полотна через машинний каландр і мінімізувати кількість обривів та утворень браку.

Джерела інформації:

1. Calender and process for operating a calendar: pat. US 6,857,356 B2: Int. Cl. B30B 11/22 /Rolf van Haag, Kerken (DE); Eva Scheidler, Nattheirn (DE); Robert Wolf, Herbrechtingen (DE) Feb. 22, 2005.

2. Машинний каландр: патент UA № 116111.: МПК В29С 43/24 /Гурін Д.В., Гробовенко Я.В., - (UA) 10.05.2017.

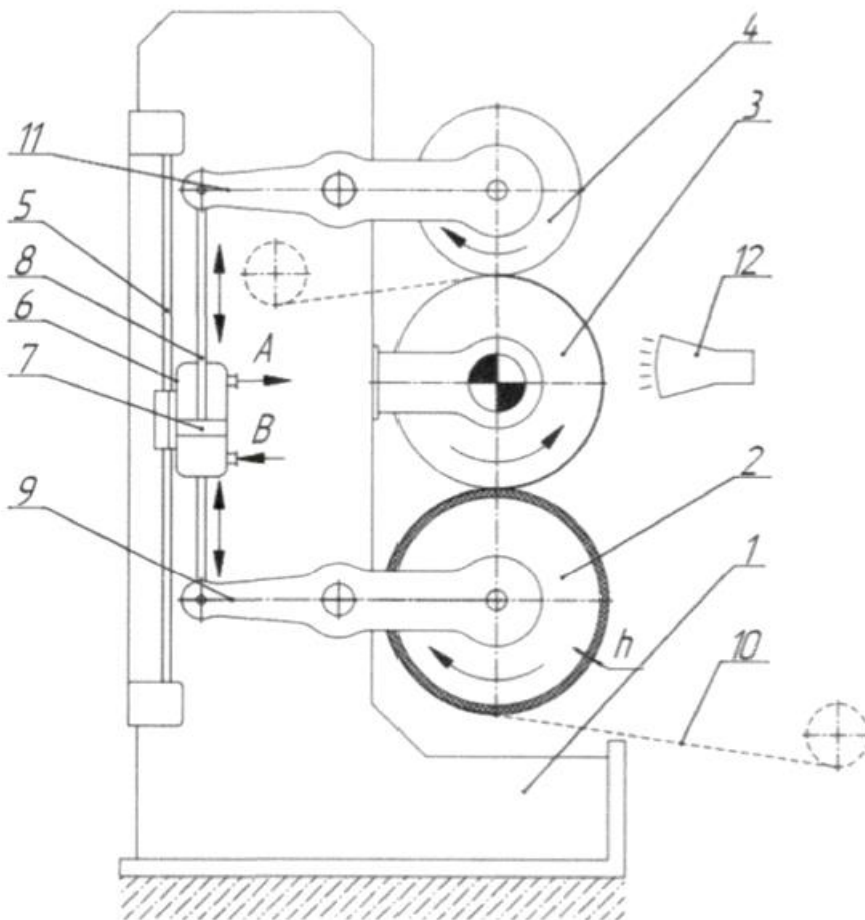
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5

Каландр, що містить центральний привідний вал та два вали із механізмом гідропідтримки сорочки, що розташовані зверху та знизу привідного вала і з'єднані із притискним механізмом, який **відрізняється** тим, що в зоні привідного вала розташований інфрачервоний нагрівач, наприклад лампа, а полотно подається в захват між верхнім притискним і привідним валами та

10

огинає привідний вал зі сторони інфрачервоного нагрівача.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601